

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA CHEMICKÁ

STUDIUM FAKTORŮ OVLIVŇUJÍCÍCH TVORBU TĚKAVÝCH AROMATICKY AKTIVNÍCH LÁTEK V PŘÍRODNÍCH MATERIÁLECH

**STUDY OF FACTORS INFLUENCING CREATION OF VOLATILE AROMA
ACTIVE COMPOUNDS IN NATURAL MATERIALS**

**Autoreferát doktorské disertační práce k získání vědecké hodnosti
Ph.D.**

BRNO 2011

Ing. Blanka Loupancová

KLÍČOVÁ SLOVA

Sterilované tavené sýry, textura, barva, flavour, aromaticky aktivní látky, mastné kyseliny, SPME, GC, senzorická analýza

KEYWORDS

Sterilized processed cheese, texture, colour, flavour, aroma active compounds, fatty acids, SPME, GC, sensory analysis

ISBN 80-214

ISSN 1213-4198

Disertační práce byla vypracována v rámci kombinovaného studia doktorského studijního programu Fyzikální chemie na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě chemické.

Uchazeč: Ing. Blanka Loupancová
Ústav fyzikální a spotřební chemie
Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 118, 612 00 Brno

Školitel: Doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
Ústav analýzy a chemie potravin
Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín

Konzultant: Ing. Eva Vítová, Ph.D.
Ústav chemie potravin a biotechnologií
Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 118, 612 00 Brno

Oponenti:

Autoreferát byl rozeslán dne:.....

Obhajoba disertační práce se koná dne.....před komisí pro obhajoby doktorských disertačních prací na FCH VUT v Brně od.....hodin.

S disertační prací je možno se seznámit na děkanátu Fakulty chemické Vysokého učení technického v Brně, Purkyňova 118, 612 00 Brno.

OBSAH

1	SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	7
1.1	Tavené sýry	7
1.1.1	<i>Suroviny používané při výrobě tavených sýrů.....</i>	8
1.1.2	<i>Senzorická kvalita tavených sýrů</i>	8
2	CÍLE	14
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	15
3.1	Vzorky.....	15
3.2	Použité metody.....	16
3.2.1	<i>Stanovení mastných kyselin – Podmínky GC analýzy.....</i>	16
3.2.2	<i>Stanovení aromatických látek SPME-GC technikou – Podmínky GC analýzy.....</i>	16
3.2.3	<i>Instrumentální měření textury.....</i>	16
3.2.4	<i>Instrumentální měření barvy.....</i>	16
3.2.5	<i>Senzorické hodnocení.....</i>	17
4	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	17
4.1	Vliv sterilačního záhřevu na vybrané parametry tavených sýrů	17
4.1.1	<i>Vliv sterilačního záhřevu na obsah mastných kyselin v tavených sýrech</i>	17
4.1.2	<i>Vliv sterilačního záhřevu na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech</i>	18
4.1.3	<i>Vliv sterilačního záhřevu na texturu tavených sýrů.....</i>	19
4.1.4	<i>Vliv sterilačního záhřevu na barvu tavených sýrů</i>	20
4.1.5	<i>Vliv sterilačního záhřevu na senzorickou kvalitu tavených sýrů</i>	21
4.2	Vliv podmínek skladování na vybrané parametry tavených sýrů	22
4.2.1	<i>Vliv podmínek skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech</i>	22
4.2.2	<i>Vliv podmínek skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech</i>	26
4.2.3	<i>Vliv podmínek skladování na barvu tavených sýrů.....</i>	30
4.2.4	<i>Vliv podmínek skladování na senzorickou kvalitu tavených sýrů</i>	31
5	ZÁVĚR.....	33
6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	35

ABSTRAKT

Produkce vysoce kvalitních potravin vyžaduje precizní kontrolu faktorů ovlivňujících jejich kvalitu. Cílem této disertační práce bylo pomocí vhodných fyzikálních, chemických a senzorických metod sledovat vliv sterilačního záhřevu a teploty a doby skladování na vybrané parametry vhodné potravinářské matrice. Jako modelová matrice byl zvolen sterilovaný tavený sýr.

V rámci disertační práce byly analyzovány tavené sýry (sušina 40 % w/w, tuk v sušině 45 % w/w), část vzorků byla podrobena termosterilaci (117 °C 20 min.). Sýry byly skladovány při různé teplotě (chladírenské 6 ± 2 °C, skladové 23 ± 2 °C a zátěžové 40 ± 2 °C), sterilované po dobu 2 let, nesterilované 1 rok. V pravidelných intervalech byly odebírány vzorky pro fyzikální (instrumentální měření barvy a textury), chemické (stanovení mastných kyselin a aromaticky aktivních látek) a senzorické (hodnocení pomocí stupnice, párová porovnávací zkouška, pořadová zkouška) analýzy.

Byl zkoumán jednak vliv sterilačního záhřevu, jednak vliv skladovacích podmínek na uvedené parametry.

Nesterilované tavené sýry si udržely velmi dobrou senzorickou kvalitu po celou dobu deklarované trvanlivosti (4 měsíce), po jejím uplynutí však došlo k výraznému zhoršení většiny sledovaných senzorických vlastností.

Následkem použitého sterilačního záhřevu došlo ke změně barvy a textury sýrů, což vyplývá z výsledků senzorického i instrumentálního stanovení. Dochází i ke zhoršení chuti a vůně. Tyto změny jsou patrné ihned po vyrobení a rozdíly byly pozorovány po celou dobu použitelnosti.

U sterilovaných tavených sýrů došlo během skladování k výraznému zhoršení jednotlivých senzorických ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. Výsledky instrumentálních technik potvrzují závěry vyplývající ze senzorického hodnocení. Měření barvy a textury potvrzuje vznik tmavšího zbarvení (zvyšující se celkový rozdíl barvy ΔE^*) a vyšší tvrdost (zvýšení F_{\max}) sterilovaných tavených sýrů, pokračující během skladování. Zhoršující se chuť a vůně je v souladu se snižujícím se obsahem aromaticky aktivních látek a vybraných mastných kyselin.

ABSTRACT

The production of high-quality foods requires the precise control of factors influencing their quality. The aim of this doctoral thesis was to monitor the influence of sterilization heating and storage time and temperature on selected parameters of model food matrix using suitable physical, chemical and sensory methods. Sterilized processed cheese was chosen as the model matrix.

The processed cheeses (dry matter 40 % w/w, fat in dry matter 45 % w/w) were analyzed in this work, the part of them was sterilized (117 °C 20 min). Cheeses were stored at various temperatures (cold 6 ± 2 °C, laboratory 23 ± 2 °C and elevated 40 ± 2 °C), sterilized cheeses for 2 years, non sterilized for 1 year. During storage, the samples for physical (instrumental measuring of colour and texture), chemical (assessment of fatty acids and aroma compounds) and sensory (paired preference test, ranking test and evaluation using scale) analyses were taken at regular intervals.

The influence of sterilization heating and for another the influence of storage conditions on mentioned parameters were investigated.

Non sterilized processed cheese kept their very good quality during all the declared durability (4 months), however, then the significant worsening of most sensory properties was observed.

In consequence of sterilization heating the changes of cheese colour and texture were observed, confirmed by both sensory and instrumental assessment. The impairment of taste and aroma was also found. These changes are obvious immediately after production and differences were observed during all the durability.

In the case of sterilized processed cheese, the significant impairment of single sensory properties was determined, the highest in the case of texture, taste and aroma. The results of instrumental techniques confirm conclusions from sensory evaluation. The measurements of colour and texture vindicate the formation of darker colour (increasing total difference of colour ΔE^*) and higher hardness (increasing F_{\max}) of sterilized processed cheeses, continuing during storage. The worsening of taste and aroma is in accordance with lower content of aroma active compounds and selected fatty acids.

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

1.1 TAVENÉ SÝRY

Hlavním důvodem výroby tavených sýrů byla snaha o prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů, možnost použití jako pomazánky na pečivo, ale také možnost docílit nekonečného množství chutí přidáváním koření, zeleniny, masných výrobků apod.

Podle vyhlášky č. 77/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů¹ je tavený sýr definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Výroba tavených sýrů umožňuje využití přírodních sýrů, které je těžké nebo nemožné prodat (např. sýrů s mechanickou deformací), stejně jako sýrových odpadků. Protože se následkem tavení zmenšují nebo dokonce úplně zanikají některé vady chuti a vůně, někdy se tavení zneužívá na zužitkování špatných sýrů nevhodných ke konzumu². Zvláště nežádoucí je využívat přírodní sýry s mikrobiologickými vadami, zejména jedná-li se o sporulující mikroorganismy, neboť obvyklé teploty užívané při výrobě tavených sýrů dokáží zničit pouze vegetativní formy. Růst mikroorganismů v tavených sýrech vede k celé řadě senzorických vad a může dojít i k hygienickému znehodnocení produktu^{3,4}.

Pro svou velkou rozmanitost variant tavené sýry nemají mezinárodní klasifikaci, je možné je dělit z celé řady hledisek. Různí autoři uvádějí různá dělení, hlavní kritéria jsou složení sýra, obsah vlhkosti a konzistence². Jedno z nejčastějších je dělení podle obsahu tuku v sušině (TvS). Vyhláška č. 77/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů¹ udává následující dělení tavených sýrů:

- vysokotučné s obsahem nejméně 60 % (w/w) tuku v sušině,
- tavené sýry s obsahem 30 až 60 % (w/w) tuku v sušině
- nízkotučné s obsahem nejvýše 30 % (w/w) tuku v sušině.

V anglosaské literatuře^{4,2,5,6} se nejčastěji objevuje následující dělení tavených sýrů:

- tavené sýrové bloky – surovinami mohou být přírodní sýry, tavicí soli, NaCl, popř. barviva, obsah sušiny a tuku odpovídá kritériím pro přírodní sýry,
- tavené sýrové produkty – surovinami mohou být přírodní sýry, tavicí soli, NaCl, barviva a dále mléko, odstředěné mléko, syrovátka, smetana, sýry z odstředěného mléka a organické kyseliny, sušina je vyšší než 56 % (w/w) a obsah tuku je vyšší než 23 % (w/w),
- tavené sýrové pomazánky – kromě surovin, které jsou přípustné pro tavené sýrové produkty, jsou zde povoleny přídavky surovin pro zlepšení vaznosti vody (zejména polysacharidy), obsah sušiny se pohybuje mezi 40–56 % (w/w).

Tavené sýry patří u nás mezi nejoblíbenější mléčné výrobky. Ročně se u nás zkonsumuje 2–3 kg tavených sýrů na obyvatele. V současné době se v České republice vyrábí okolo 20 tisíc tun tavených sýrů ročně a dalších více než 7 tisíc

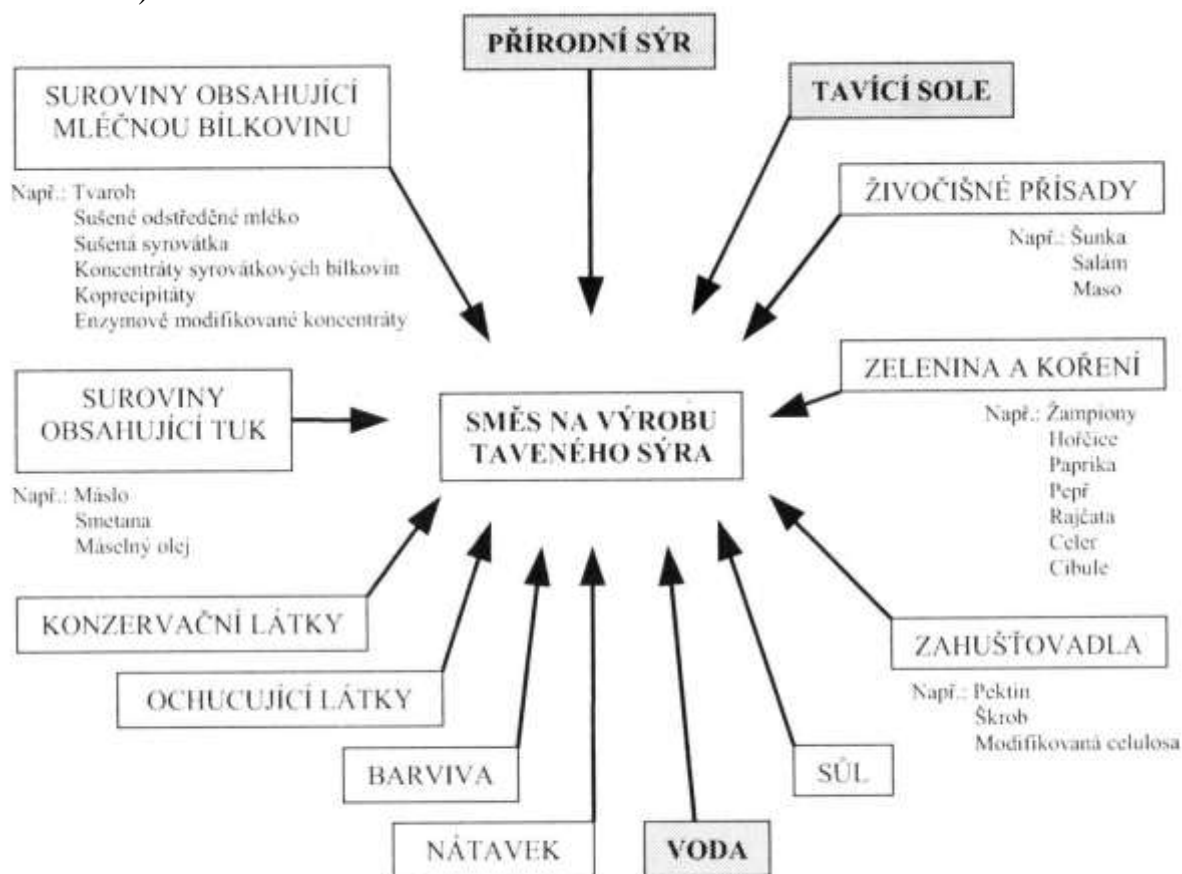
tun se dovází. Ve světě se na tavené sýry zpracovává 10–12 % přírodních sýrů, u nás až 14 % z celkové produkce sýrů. Pro porovnání spotřeba v Irsku je cca 2 kg, v USA okolo 1,7 kg, v ostatních vyspělých zemích okolo 1,0 kg^{7,8}.

1.1.1 Suroviny používané při výrobě tavených sýrů

Tavené sýry se liší od přírodních zejména tím, že nejsou vyráběny přímo z mléka³. Přesto mléko zůstává hlavní surovinou použitou při jejich výrobě. Jak již bylo zmíněno, základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou všechny druhy přírodních sýrů v různých poměrech a stádiích zralosti⁹, především tvrdých, ale i měkkých, bílých a plísňových. Jejich obsah v tavených sýrech musí být minimálně 50 % w/w⁵.

V České republice se užívá zejména Eidamská cihla, Eidamský blok, Moravský blok, Primátor apod. K tomuto účelu lze použít i sýry s drobnými vadami, které by za jiných okolností nebyly prodejné. Jedná se o vady fyzikální, jako jsou např. praskliny, nikoliv však vady jakosti, ať už mikrobiologické nebo chemické povahy^{9,3}. Další nezbytnou surovinou jsou tzv. tavicí soli¹⁰.

Kromě těchto dvou základních surovin se do tavené směsi přidávají další složky (viz Obr. 1).



Obr. 1 Suroviny používané při výrobě tavených sýrů^{10,11,12}

1.1.2 Senzorická kvalita tavených sýrů

Kvalitní tavený sýr by měl mít typický sýrový, u tučných sýrů až máslový flavour, do určité míry charakteristický pro druh sýra, ze kterého byl vyroben,

jednotnou smetanově žlutou barvu, celistvý, hladký a lesklý povrch, pravidelný tvar¹³.

Textura může být tuhá (lomivá), polotuhá nebo roztíratelná v závislosti především na obsahu sušiny a tuku. Má být homogenní, hladká, jemná, bez zrnitosti, bez ok. Přítomnost ok je velmi nežádoucí a svědčí o sekundární fermentaci, převážně vlivem bakterií máselného kvašení, jejichž spory přežívají tavení. Drobné dutinky nemikrobiálního původu nejsou vadou. Gumovitost, drobivost, tuhost, suchost, lepivost jsou považovány za vady^{6,9}.

Faktory ovlivňující texturu tavených sýrů

Textura a tavicí vlastnosti jsou senzorické znaky, na které výrobci, ale i spotřebitelé, kladou u tavených sýrů vedle flavouru velký důraz. Je možné vyrobit tavené sýry od lomivých až po tekuté. Texturu konečného výrobku obecně ovlivní všechny faktory, které podmiňují intenzitu emulgace tuku a hydratace proteinů, přičemž platí, že čím intenzivnější jsou hydratace proteinů i emulgace tuku, tím tužší tavený sýr obdržíme³. Jedná se zejména o tyto faktory:

- složení směsi surovin – druh sýra a stupeň jeho prozrálosti, vztah sušiny a tuku v sušině (se zvyšujícím se obsahem TvS se musí zvyšovat sušina), hodnota pH, přidání tzv. nátavku (také se setkáváme s pojmem krém), podíl vápenatých iontů v tavenině, obsah laktosy, množství a struktura tavicích solí,
- způsob zpracování taveniny
- rychlost chlazení
- délka skladování a skladovací podmínky aj.⁴

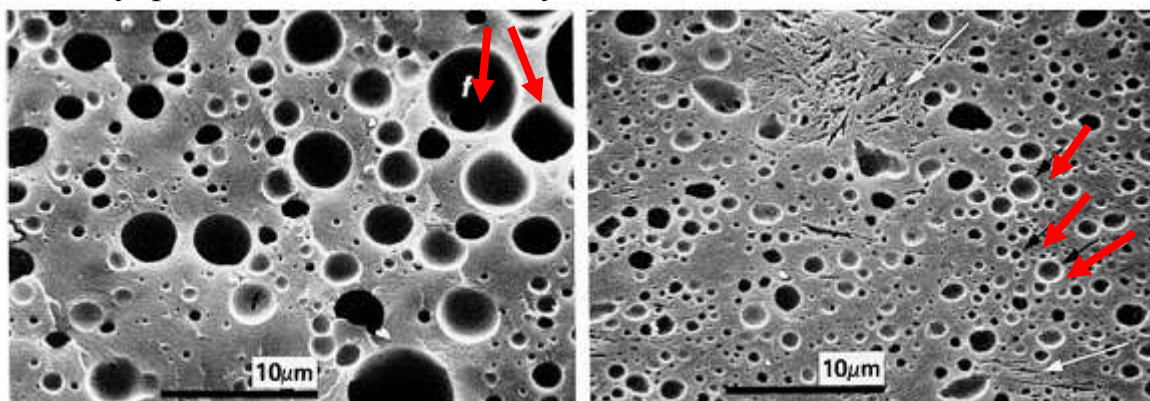
Bezprostřední vliv na texturu finálního výrobku má stupeň prozrálosti použitého přírodního sýra. Mladá neprozralá surovina s vysokým obsahem intaktního kaseinu způsobí tužší, gumovitou texturu a používá se pro výrobu blokových, krájitelných nebo plátkových tavených sýrů. Čím zralejší surovina, tím je dosaženo jemnější a roztíratelné textury^{10,5}.

Texturu tavených sýrů ovlivňuje i obsah vápenatých iontů v tavenině. Vyšší obsah vápenatých iontů v surovinové skladbě zapříčiní zvýšení tuhosti finálního výrobku. Příčinu je možné hledat ve skutečnosti, že větší množství vápenatých iontů se zapojí do tvorby proteinové matrice, kterou intenzivněji zesílují^{4,14,15}.

Zajímavý je vztah sušiny a tuku v sušině. Se zvyšujícím se sušinou je možné dosáhnout tužší konzistence a naopak. Se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině se získává tavený sýr roztíratelnější. Podle tohoto pravidla je tedy možné zejména snížením obsahu sušiny i u tzv. nízkotučných tavených sýrů dosáhnout relativně roztíratelné konzistence. Toto však má svá omezení, takže zpravidla nízkotučný tavený sýr nedosáhne stejné roztíratelnosti jako sýr vysokotučný. Důležitou roli zde sehrává i vhodná volba tavicích solí⁴.

Faktorem, který je v praxi velmi pečlivě sledován a který podstatným způsobem ovlivní konzistenci taveného sýra, je kyselost. Platí zásada, že

klesající pH taveniny zvyšuje tuhost finálního výrobku, při pH 4,8–5,2 získáme sýr suchý, drobivý, s tendencí k vylučování tuku. Naopak čím vyšší je pH taveniny, tím je možné očekávat měkčí konzistenci. Při pH > 6 získáme sýr velmi měkký, při zahřátí snadno tavitelný⁵.



Obr. 2 Struktura matrice taveného sýra. Vlevo – tavenina na začátku procesu tavení, vpravo – po ukončení tavicího procesu. Tukové kuličky jsou označeny červenými šipkami⁵

Co se týče tavicích solí, jejich rozdílný vliv na texturní charakteristiky je dán jejich různou schopností chelatace a také různou pufrovací kapacitou. Obecně ortofosfáty, citráty a sodno-hlinité fosfáty dávají tavené sýry relativně měkké, s mírnou tendencí k vylučování tuku při zahřívání, s dobrými tavicími charakteristikami. Naproti tomu pyrofosfáty dávají sýry tvrdší, se špatnými tavicími vlastnostmi, malou schopností opětovného tavení, matný a suchý povrch, tvorbu kůrky⁵.

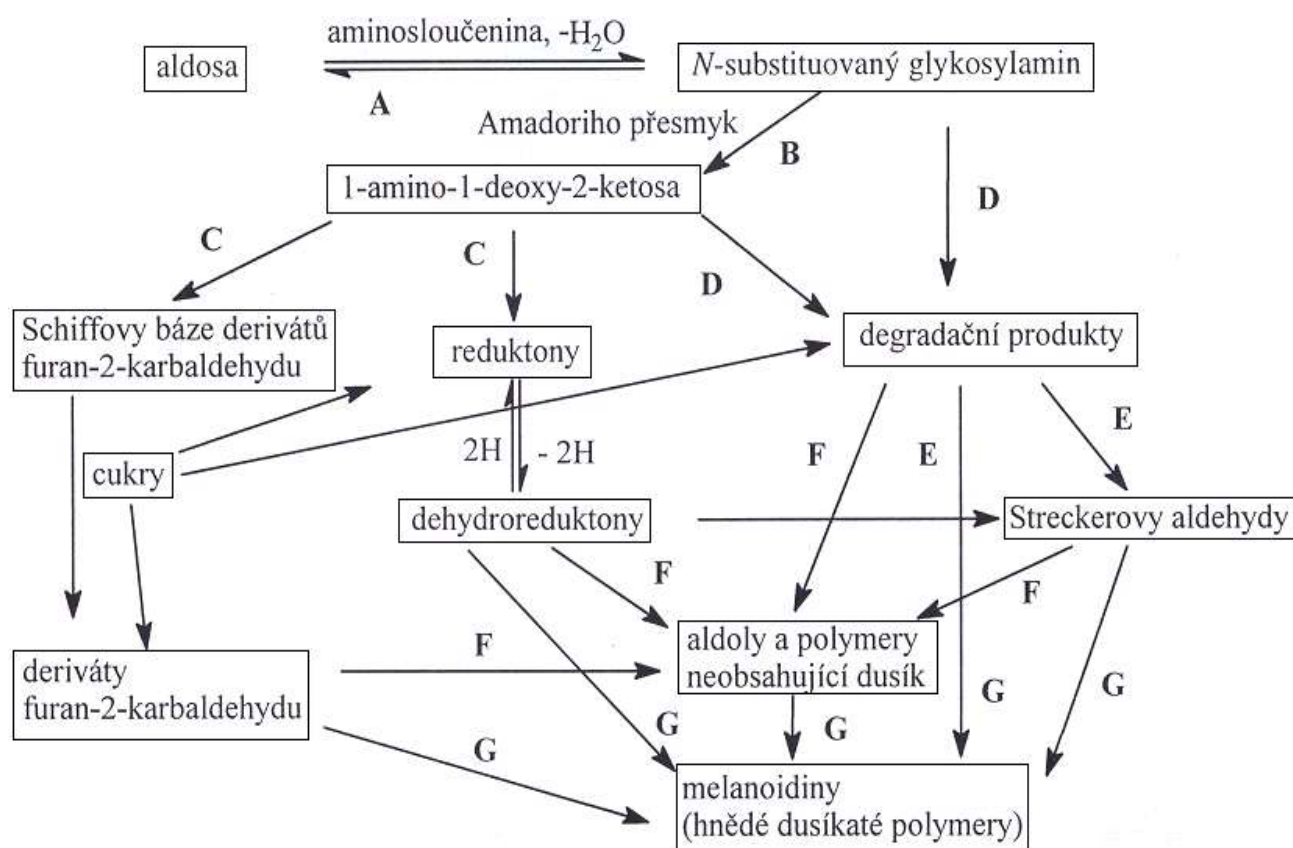
Použití řady přídatných surovin mléčného původu, které jsou dodávány zejména kvůli snížení výrobních nákladů (kasein, kaseinát, koncentráty syrovátkových bílkovin apod.), může ovlivnit texturu konečného výrobku interakcemi s ostatními surovinami. Všechny principy působení jednotlivých přísad nejsou ještě zcela objasněny⁴. Nicméně přídavek zmíněných bílkovinných koncentrátů obecně zvyšuje tuhost konečného výrobku a zhoršuje jeho tavicí charakteristiky. Je to pravděpodobně způsobeno vyšším obsahem intaktního kaseinu, kromě toho syrovátkové proteiny mají schopnost tepelně indukované tvorby agregátů s parakaseiny, čímž se tvoří pseudogel⁵.

Přídavek do 5 % w/w laktosy (obvykle prostřednictvím přídavku sušené syrovátky, sušeného odstředěného mléka apod.) má za následek snížení tuhosti taveného sýra a jeho lepší roztíratelnost^{10,12}. Přebytek laktosy však může zvýšit sklon ke krystalizaci během uskladnění a náchylnost sýra k Maillardově reakci během tavení i skladování^{16,17}.

Podle Juriće a kol.¹⁸ skladování sýra v atmosféře tvořené 100% CO₂ má na sýr vysušující efekt.

Faktory ovlivňující barvu tavených sýrů

Hlavní příčinou tmavnutí sýrů je zřejmě Maillardova reakce, neboli reakce neenzymového znědnutí^{3,16,17,19}. Ta nastává hlavně při tepelném zpracování potravin bohatých na sacharidy a probíhá mezi redukujícími cukry a aminokyselinami, peptidy nebo bílkovinami. Reagují zde α -aminoskupiny volných aminokyselin, u proteinů a peptidů se jedná o N-koncové α -aminoskupiny vázaných aminokyselin a dále o ϵ -aminoskupinu vázaného lysinu²⁰. Způsobuje změnu barvy, flavouru, funkčních vlastností a nutriční hodnoty potraviny²¹.



Obr. 3 Schema Maillardovy reakce^{22,21,20} dělené na 3 fáze: 1) Tvorba glykosylaminu a Amadoriho přesmyk (reakce A, B); 2) Dehydratace a fragmentace sacharidů, Streckerova degradace aminokyselin²³ (reakce C, D, E); 3) Reakce meziproductů vedoucí k tvorbě heterocyklických sloučenin (důležité vonné a chuťové látky) a vysokomolekulárních pigmentů melanoidinů (nositelé hnědého zbarvení, reakce F,G)²⁰

Význam Maillardovy reakce pro potraviny je následující:

- Produkce žlutého, hnědého až černého zbarvení vlivem přítomných melanoidinů – u tavených sýrů nežádoucí²⁴.

- Produkce flavouru a off-flavouru prostřednictvím těkavých látek jako jsou rozkladné produkty a Streckerovy aldehydy²³. Můžeme sem také zahrnout sladké a hořké látky a také vlivy na texturu potravin.
- Snížení nutriční hodnoty kvůli reakcím kyseliny askorbové a lysinu²⁵ jako esenciální a často limitující aminokyseliny. Patří sem také chelatační reakce s kovy.
- Toxicita kvůli formování mutagenních a karcinogenních látek, imidazolů, N-nitrosových derivátů (např. Amadoriho sloučeniny)⁴
- Antioxidační vlastnosti vlivem formace redukonů a hnědých melanoidinů, včetně chelatace s kovy^{20,22}.

Faktory ovlivňující flavour tavených sýrů

Flavour je považován za jeden z nejdůležitějších ukazatelů senzorické kvality potravin. Z chemického hlediska bývá flavour většinou redukován na stanovení těkavých tzv. aromaticky aktivních látek (AAL), které tvoří vůni (aroma) potravin, jednak proto, že jsou v celkovém flavouru nejdůležitější, a navíc se relativně dobře se instrumentálně stanovují. Řada autorů se ve svých pracích zabývá charakterizací a popisem vůně těkavých látek, které jsou považovány za aromaticky aktivní^{26,27}.

V současné době se výzkum zaměřuje zejména na identifikaci sloučenin, které jsou pro vnímání flavouru skutečně důležité. Aroma (flavour) potravin je tvořen velkým počtem vonných látek. Odhaduje se, že v potravinách se vyskytuje až 10 000 těchto látek, z nichž se dosud podařilo identifikovat okolo 6000²⁸. V jednom typu potravin se jich může vyskytovat až několik set²⁹, jejich celkový obsah je 1–1000 mg.kg⁻¹.

Není však nezbytné identifikovat všechny aromaticky aktivní látky v dané potravine, pro porozumění flavouru by stačilo zaměřit se pouze na ty sloučeniny, které k celkovému flavouru přispívají nejvíce. Pro pochopení příspěvku jednotlivých aromaticky aktivních látek k flavouru je nezbytná kombinace senzorického hodnocení a instrumentálního měření²⁶.

Pro označení změněné, nepřírozené vůně nebo chuti v důsledku nejrozličnějších vlivů se nejčastěji používá anglický termín off-flavour, příp. české termíny cizí aroma, přípach, příchut', pachut' apod. Také na off-flavouru různých typů potravin se může podílet široké spektrum různých těkavých sloučenin. Některé z nich mají nepříjemný zápach a jsou tedy vnímány jako vada potravin. Tyto sloučeniny mohou být vnímány již při velmi nízkých koncentracích a velmi odlišně v závislosti na obsahu a spolupůsobení ostatních látek. Dokonce některé látky, které jsou v nízkých koncentracích součástí přirozeného aroma potravin, způsobují při vyšším obsahu defekty. Např. nižší mastné kyseliny mohou podle koncentrace způsobovat žádoucí sýrový flavour nebo defekt, jako je žluklý a zatuchlý zápach²⁶.

Off-flavour může stejně jako flavour pocházet z působení růstu mikroorganismů, oxidace lipidů, rozkladu působením endogenních enzymů²⁸, ale

také jako kontaminanty z okolního prostředí^{28,30}. Jedním z nejvýznamnějších původců off-flavouru mléka a mléčných výrobků je oxidace lipidů (viz ^{28,31}), která může probíhat i během skladování ve zmraženém stavu. Oxidace lipidů může probíhat za enzymové i neenzymové katalýzy. Neenzymové mechanismy iniciuje peroxid vodíku, železo kovové či hemové z myoglobinu nebo přítomnost různých solí. Mezi další iniciátory patří světlo a kyslík.^{32,18} Bylo prokázáno, že při krátkodobém skladování (cca 11 dní) je rozhodujícím faktorem pro tvorbu volných radikálů spíše světlo než teplota. Primárními produkty oxidace tuků jsou hydroperoxidy, konjugované dieny a trieny a radikály, které působí jako prekursory peroxidů³². Mezi sekundární produkty patří např. propanal a hexanal²⁸.

Za předpokladu mikrobiologicky stabilních tavených sýrů jsou změny jejich kvality během skladování ovlivňovány zejména čtyřmi hlavními faktory, a to složením taveného sýra, podmínkami při tavení a skladování (teplota a doba) a obalovým materiálem. Obecně platí, že tužší produkty si udrží dobrou jakost déle než lehce roztíratelné výrobky s obvykle vyšším obsahem vody^{16,4}.

Příčiny výše zmíněných změn lze podrobněji rozdělit na tyto¹⁶:

- ztráta vlhkosti
- hydrolýza polyfosfátů
- změny v iontové rovnováze
- tvorba krystalů
- reakce indukované termostabilními enzymy
- neenzymové hnědnutí
- reakce indukované světlem a teplem
- interakce s obalovým materiálem

Obvyklé obalové materiály poskytují sice dobrou, ale ne úplně těsnou bariéru proti odpařování vlhkosti. V závislosti na skladovací teplotě dochází k postupně ke ztrátě hmotnosti a následnému zvyšování tuhosti sýra. Odpařování vody lze zpomalit skladováním při nižší teplotě¹⁶.

2 CÍLE

Cílem disertační práce bylo sledování vybraných fyzikálních, chemických a senzorických ukazatelů vhodných k posouzení změn v modelové potravinářské matrici a to v závislosti na způsobu technologického zpracování a podmínkách následného uchovávání.

Dílčí cíle práce:

- výběr vhodné potravinářské matrice
- výběr ukazatelů vhodných k posouzení jejich změn
- výběr, optimalizace a validace metod vhodných pro jejich sledování
 - instrumentální stanovení textury a barvy
 - senzorické posuzování textury, barvy a flavouru
 - stanovení těkavých aromaticky aktivních látek
 - stanovení mastných kyselin
- sledování vlivu sterilačního záhřevu na vybrané fyzikální, chemické a senzorické ukazatele
- sledování vlivu teploty a doby skladování na vybrané fyzikální, chemické a senzorické ukazatele
- vyhodnocení trvanlivosti, kvality a použitelnosti sledované matrice po dlouhodobém skladování za různých podmínek

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 VZORKY

Jako modelová matrice pro sledování změn fyzikálních, chemických a senzorických ukazatelů v závislosti na způsobu zpracování a uchovávání byly vybrány tavené sýry, speciálně pro naše účely vyrobené ve společnosti MADETA a. s. Deklarované hodnoty taveného sýru byly: sušina 40 % (w/w), tuk v sušině 45 % (w/w). Pro výrobu byly použity suroviny: směs přírodních sýrů, máslo, tvaroh, voda a tavicí soli. Tavicí teplota byla 91 °C, celková doba tavení (od okamžiku započetí záhřevu po zahájení vypouštění) 5 min. Tavenina byla strojově plněna do 100g laminovaných hliníkových obalů s přivařitelným víčkem. Pro následné testování byly použity dvě řady tavených sýrů (označené I a II).

Po naplnění byly sýry z obou šarží rozděleny na dvě části. První byla během dvou hodin ochlazena na 10 °C a označena jako „pasterované tavené sýry – P“. Druhá část tavených sýrů byla sterilována ve sterilátoru LUBECA při teplotě 117 °C s výdrží 20 minut. Doba do dosažení sterilační teploty byla 10 minut a doba zchlazení na cca 25 °C činila 20–25 minut. Druhá skupina vzorků byla označena jako „sterilované tavené sýry – S“. Do doby první analýzy byly vzorky uchovány při teplotě 6 ± 2 °C.

Po první analýze byly pasterované tavené sýry a třetina sterilovaných sýrů uchovávána při téže chladírenské teplotě (6 ± 2 °C, vzorky označené L). Zbýlé dvě třetiny sterilovaných tavených sýrů byly uchovány při skladové (23 ± 2 °C, vzorky označené S) a zátěžové teplotě (40 ± 2 °C, vzorky označené T).

V pravidelných intervalech byly odebírány vzorky jednotlivých sýrů pro stanovení vybraných parametrů podle níže popsanych metod. Pasterované sýry byly skladovány po dobu jednoho roku, sterilované po dobu dvou let. Intervaly odebírání vzorků jsou zaznamenány v Tabulce 1.

Tabulka 1 Harmonogram odběru analyzovaných vzorků tavených sýrů

Intervaly odebírání vzorků (měsíc/rok)	12/2005	02/2006	03/2006	06/2006	11/2006	03/2007	10/2007
Doba skladování (měsíce)	0	3	4	6	12	16	23

3.2 POUŽITÉ METODY

3.2.1 Stanovení mastných kyselin – Podmínky GC analýzy

Mastné kyseliny byly stanoveny ve formě methylesterů mastných kyselin, připravených alkalickou transesterifikací methanolvým roztokem KOH.

GC analýza byla provedena na přístroji TRACETM GC (ThermoQuest, Itálie) vybaveném FID detektorem a kapilární kolonou SPTM 2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2 μm). Splitless injektor 250 °C uzavřen 5 minut. Nosný plyn N₂ průtok 1,2 ml.min⁻¹. FID detektor 220 °C, průtok H₂ 35 ml.min⁻¹, vzduch 350 ml.min⁻¹, make-up N₂ 30 ml.min⁻¹. Teplotní program: 60 °C 2 min., vzestupný gradient 10 °C za minutu do 220 °C, 20 min.

3.2.2 Stanovení aromatických látek SPME-GC technikou – Podmínky GC analýzy

Podmínky SPME extrakce byly následující: teplota vzorků ve vodní lázni (35 °C, 30 min), extrakce 20 minut

GC analýza byla provedena na přístroji TRACETM GC (ThermoQuest, Itálie) vybaveném FID detektorem a kapilární kolonou DB – WAX (30 m x 0,32 mm x 0,5 μm). Splitless injektor 250 °C uzavřen 5 minut. Nosný plyn N₂ průtok 0,9 ml.min⁻¹. FID detektor 220 °C, průtok H₂ 35 ml.min⁻¹, vzduch 350 ml.min⁻¹, make-up N₂ 30 ml.min⁻¹. Teplotní program: 40 °C 1 min., vzestupný gradient 5 °C za minutu do 200 °C, 7 min.

3.2.3 Instrumentální měření textury

Objektivní měření textury bylo provedeno na přístroji INSTRON 5544 (Instron Corporation, Anglie), software Merlin. Byla provedena analýza texturního profilu (TPA), kdy byly cylindrické vzorky sýrů o průměru 25 mm a výšce 20 mm stlačovány ve 2 cyklech na 50 % mezi dvěma stlačovacími deskami přístroje. Rychlost příčnicku byla nastavena na 50 mm.min⁻¹. Dále bylo provedeno stanovení tuhosti penetrometricky. Touto metodou byla sledována maximální síla F_x [N] potřebná k proniknutí válcové sondy o průměru 6 mm do vzorku rychlostí 1 mm.s⁻¹. Měření byla provedena při teplotě 21 ± 2 °C. Vzorky byly temperovány v původních obalech po dobu 2 hodin. Každý vzorek byl měřen pětkrát.

3.2.4 Instrumentální měření barvy

Barva byla měřena spektrofotometrem Konica Minolta CM 2600d (Konica Minolta, Japonsko). Připojením k počítači byl spektrofotometr řízen programem Spectra Magic[©] 3.61 (Konica Minolta, Japonsko). Nastavení přístroje: zdroj světla D65 (standardní denní světlo), standardní úhel pozorovatele 10°; měřící štěrba 8 mm. Kalibrace přístroje byla provedena černou a bílou barvou. Vzorky byly měřeny na bílém pozadí. Každý vzorek byl měřen pětkrát.

Instrumentální měření textury a barvy bylo provedeno v laboratoři Ústavu hygieny a technologie masa VFU Brno.

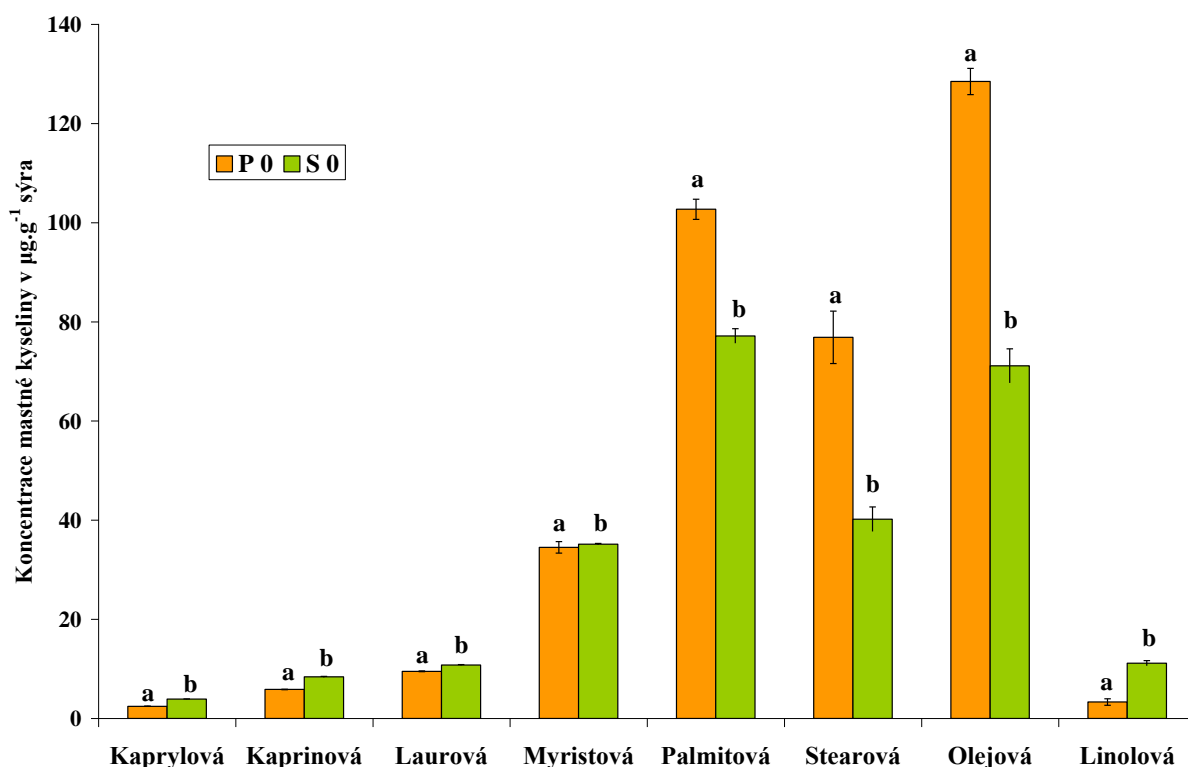
3.2.5 Senzorické hodnocení

Pro senzorické hodnocení vzhledu, barvy, lesku, konzistence, chuti a vůně tavených sýrů byla použita pořadová zkouška (ČSN ISO 8587 (56 0033)), párová porovnávací zkouška (ČSN EN ISO 5495 (56 0032)) a hodnocení podle sedmibodové jakostní ordinální stupnice hédonického typu (ČSN ISO 4121 (560052)).

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Vliv sterilačního záhřevu na vybrané parametry tavených sýrů

4.1.1 Vliv sterilačního záhřevu na obsah mastných kyselin v tavených sýrech



Obr. 4 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech ihned po vyrobení. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g⁻¹sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření (n=3). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 3.1.

Na Obr. 4 jsou zobrazeny změny obsahu vybraných mastných kyselin během sterilace. Je patrné, že vlivem sterilačního záhřevu dochází také k poklesu

mastných kyselin s 18 C. Naopak obsah mastných kyselin méně zastoupených v pasterovaném taveném sýru se statisticky významně ($P < 0,05$) zvýšil. Toto lze vysvětlit degradací vyšších mastných kyselin na nižší působením zvýšené teploty v kombinaci se zbytkovým kyslíkem³⁴, přítomným uvnitř balení³³. Tyto faktory významně ovlivňují průběh Maillardovy reakce.

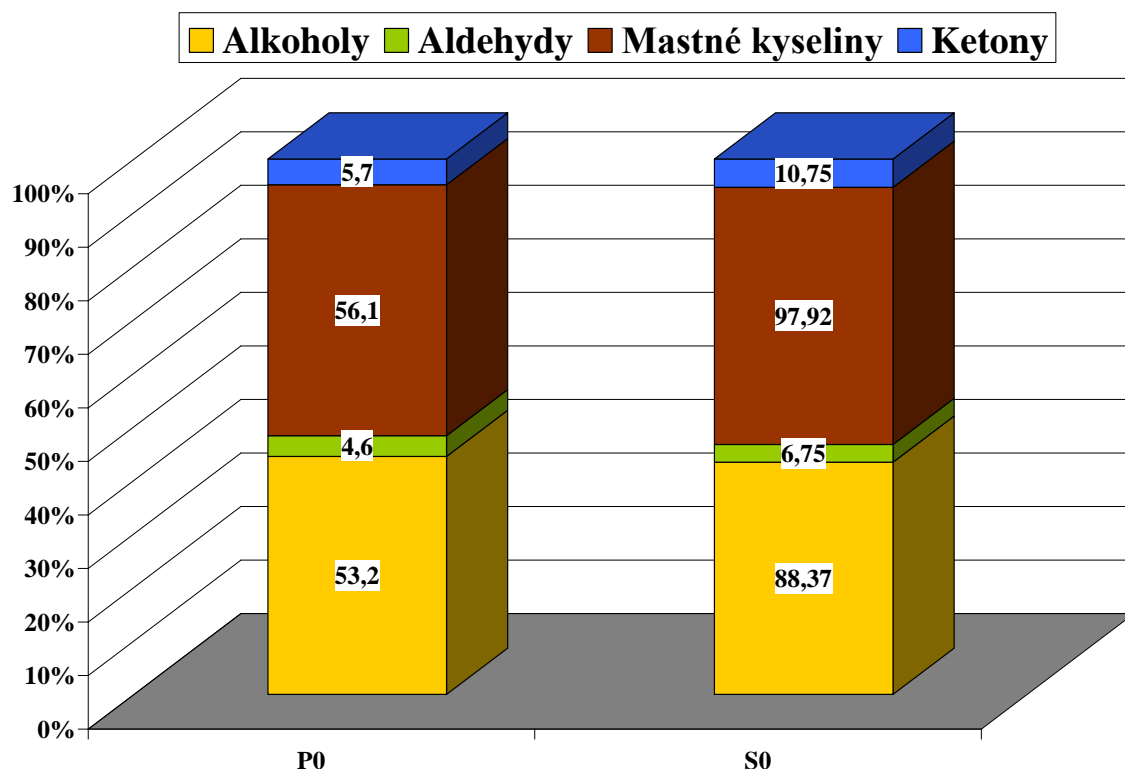
4.1.2 Vliv sterilačního záhřevu na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech

Celkový obsah aromaticky aktivních látek (viz Tabulka 2) se během sterilačního záhřevu zvýšil téměř dvojnásobně oproti pasterovanému sýru. Sterilace má tedy na vznik aromatických látek významný vliv. Tyto změny poté mohou indukovat další, ke kterým dochází během skladování.

Tabulka 2 Obsah vybraných aromaticky aktivních látek v čerstvě vyrobených pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech (řada I), v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra.*

AAL	Pasterovaný	Sterilovaný
Acetaldehyd	$20,46 \pm 0,68$	$45,47 \pm 2,82$
Heptaldehyd	$0,26 \pm 0,01$	$1,17 \pm 0,01$
Aceton	$3,44 \pm 0,07$	$5,22 \pm 0,11$
Butan-2,3-dion	$0,61 \pm 0,04$	$1,69 \pm 0,04$
Methanol	$23,85 \pm 1,15$	$29,98 \pm 1,52$
Isopropanol	$0,68 \pm 0,04$	$11,34 \pm 0,29$
Ethanol	$27,94 \pm 1,00$	$16,39 \pm 0,25$
Octová kyselina	$51,59 \pm 0,21$	$60,01 \pm 0,98$
Máselná kyselina	$3,40 \pm 0,00$	$3,77 \pm 0,15$
Celkový obsah všech AAL	$119,69 \pm 1,68$	$203,79 \pm 3,38$

Porovnání obsahu jednotlivých skupin aromatických látek v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech ihned po vyrobení je uvedeno na Obr. 5. V průběhu sterilačního záhřevu došlo ke zvýšení obsahu všech skupin stanovovaných těkavých látek. Aldehydy a ketony vznikají předně oxidací lipidů²⁷, mastné kyseliny s nízkým počtem uhlíků taktéž při oxidaci z vyšších mastných kyselin²⁷. Alkoholy také vznikají degradací bílkovin³⁵. Tepelná zátěž při sterilaci pravděpodobně podporuje autooxidaci mastných kyselin za spolupůsobení zbytkového kyslíku uzavřeného v hermeticky uzavřeném obalu. Při zvýšené teplotě také startuje Maillardova reakce.



Obr. 5 Porovnání obsahu jednotlivých chemických skupin aromaticky aktivních látek v pasterovaných a sterilovaných tavených sýrech ihned po vyrobení. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 3.1.

4.1.3 Vliv sterilačního záhřevu na texturu tavených sýrů

Instrumentálnímu měření textury byly podrobeny vzorky po výrobě, po 1. a 2. roce skladování. Jak bude diskutováno v kapitole o senzorickém hodnocení textury, vlivem sterilačního záhřevu došlo k významnému ($P < 0,05$) zvýšení tuhosti tavených sýrů.

Tabulka 3 Výsledky instrumentálního měření textury pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů – vliv sterilačního záhřevu a skladování**

Doba skladování (měsíce) / F_{max} (N)		Řada I		Řada II	
		0	12	0	12
TPA*	Pasterovan	0,79 ± 0,11 ^a A	0,86 ± 0,11 ^a A	0,79 ± 0,11 ^a A	0,85 ± 0,13 ^a A
	Sterilovaný	0,76 ± 0,16 ^a A	0,88 ± 0,20 ^a A	0,76 ± 0,16 ^a A	0,87 ± 0,15 ^a A
P*	Pasterovan	1,25 ± 0,09 ^a A	1,35 ± 0,05 ^a A	1,25 ± 0,09 ^a A	1,34 ± 0,10 ^a A
	Sterilovaný	1,55 ± 0,08 ^a A	1,72 ± 0,06 ^a A	1,55 ± 0,08 ^a A	1,88 ± 0,12 ^a A

*Pozn.: TPA – texturní a profilová analýza; P – penetrace

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení textury jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka ($n = 5$). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích.

Hodnoty se shodným horním indexem a následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

Jak je patrné (viz Instrumentálnímu měření textury byly podrobeny vzorky po výrobě, po 1. a 2. roce skladování. Jak bude diskutováno v kapitole o senzorickém hodnocení textury, vlivem sterilačního záhřevu došlo k významnému ($P < 0,05$) zvýšení tuhosti tavených sýrů.

Tabulka 3), podle výsledků instrumentálního hodnocení textury nebyly rozdíly shledány statisticky významné ($P \geq 0,05$), nicméně je zde patrné zvýšení F_{\max} , což značí větší tvrdost sýrů po 12 měsících skladování (při 6 ± 2 °C).

4.1.4 Vliv sterilačního záhřevu na barvu tavených sýrů

Zpracování výsledků měření čerstvě vyrobených sýrů neprokázalo statisticky významnou změnu barvy vlivem aplikace sterilačního záhřevu. Pasterované tavené sýry nezměnily významně svou barvu ani po ročním skladování. Naopak sterilované tavené sýry skladované za stejných podmínek (při 6 ± 2 °C) vykazovaly po jednom roce skladování již signifikantní ($P < 0,05$) rozdíly barvy, a to jak vzhledem k původním sterilovaným taveným sýrům tak v porovnání s pasterovanými sýry skladovanými po dobu jednoho roku. Tyto rozdíly se projeví ve všech sledovaných dílčích vlastnostech. Z výsledků L^* (viz Tabulka 4) tedy vyplývá, že 1 rok skladované sterilované tavené sýry byly tmavší a sytější v červeném (a^*) a žlutém (b^*) odstínu. V rovině a^*b^* barevného prostoru se hodnoty barvy posunuly od žluté více k červené.

*Tabulka 4 Výsledky instrumentálního měření barvy pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů – vliv sterilačního záhřevu a skladování***

Doba skladování (měsíce)		Řada I		Řada II	
		0	12	0	12
L^*	Pasterovan ý	$93,59 \pm 0,57^a A$	$91,05 \pm 0,56^a A$	$93,59 \pm 0,57^a A$	$89,56 \pm 0,86^b A$
	Sterilovaný	$93,33 \pm 0,57^a A$	$86,10 \pm 0,27^b B$	$93,33 \pm 0,57^a A$	$86,52 \pm 0,93^b B$
a^*	Pasterovan ý	$2,04 \pm 0,22^a A$	$1,27 \pm 0,15^a A$	$2,04 \pm 0,22^a A$	$1,09 \pm 0,29^b A$
	Sterilovaný	$1,42 \pm 0,04^a A$	$6,36 \pm 0,37^b B$	$1,42 \pm 0,04^a A$	$3,92 \pm 0,48^b B$
b^*	Pasterovan ý	$17,28 \pm 1,33^a A$	$16,17 \pm 0,66^a A$	$17,28 \pm 1,33^a A$	$15,90 \pm 0,64^a A$
	Sterilovaný	$16,05 \pm 0,23^a A$	$22,11 \pm 2,19^b B$	$16,05 \pm 0,23^a A$	$19,76 \pm 0,27^b B$
C^*	Pasterovan ý	$17,40 \pm 1,34^a A$	$16,22 \pm 0,65^a A$	$17,40 \pm 1,34^a A$	$15,94 \pm 0,65^a A$
	Sterilovaný	$16,11 \pm 0,23^a A$	$23,01 \pm 2,19^b B$	$16,11 \pm 0,23^a A$	$20,15 \pm 0,28^b B$

h	Pasterovaný	83,27 ± 0,24 ^a A	85,51 ± 0,57 ^a A	83,27 ± 0,24 ^a A	86,10 ± 1,02 ^b A
	Sterilovaný	84,93 ± 0,17 ^a A	73,90 ± 0,79 ^b B	84,93 ± 0,17 ^a A	78,78 ± 1,34 ^b B
ΔE*	Pasterovaný	0***	4,17 ± 1,79	0***	4,37 ± 1,83
	Sterilovaný***	1,40 ± 1,08	12,52 ± 1,60	1,40 ± 1,08	11,63 ± 2,84
		0***	13,51 ± 0,80	0***	12,23 ± 2,47

****Pozn.:** Výsledky instrumentálního hodnocení barvy jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka ($n = 5$). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

*****Pozn.:** Hodnoty v prvním řádku jsou vztaženy na pasterovaný sýr, hodnoty ve druhém řádku na příslušný sterilovaný sýr ($\Delta E^* = 0$).

ΔE^* je vypočítaný parametr, který udává celkovou změnu barvy při zohlednění všech jejích dílčích složek. Získané hodnoty potvrzují, že během sterilačního záhřevu a následné doby skladování dochází ke změnám barvy. Tyto změny jsou více patrné u sterilovaných, než u pasterovaných tavených sýrů. Tabulka 4 udává hodnoty ΔE^* jak ve vztahu k původnímu pasterovanému, tak i příslušnému sterilovanému sýru.

Změny barvy vlivem sterilačního záhřevu lze zmírnit rychlým zchlazením sýra. Přesto však dochází k částečným změnám, které podporují vznik zbarvení při následném skladování.

4.1.5 Vliv sterilačního záhřevu na senzorickou kvalitu tavených sýrů

Z posouzení senzorických změn pasterovaných a sterilovaných sýrů (viz Tabulka 5) vyplynula následující zjištění: U první sady vzorků byla kvalita vzhledu a barvy sterilovaných sýrů po první dva měsíce skladování statisticky významně ($P < 0,05$) horší, než u pasterovaných. Lesk, konzistence a celkové hodnocení nevykazovaly s výjimkou hodnocení ve třetím měsíci skladování statisticky významné rozdíly. Chuť a vůně pasterovaných sýrů se po šesti měsících významně ($P < 0,05$) zhoršila.

U druhé sady vzorků byly statisticky významné rozdíly ($P < 0,05$) pozorovány u konzistence, chuti a vůně a celkového hodnocení ihned po vyrobení. Při dalších měřeních již rozdíly nebyly signifikantní. V prvních třech měsících byly statisticky významné změny ($P < 0,05$) zjištěny i u vzhledu a barvy. Významný rozdíl lesku ($P < 0,05$) se projevil pouze po jedenácti měsících skladování.

Z těchto výsledků vyplývá, že senzorické změny způsobené vlivem sterilačního záhřevu jsou signifikantní zejména ihned po vyrobení. Postupem času dochází ke snižování kvality pasterovaných sýrů a tím i snižování významu rozdílů. Při skladování ve stejných podmínkách si sterilované tavené sýry udrží déle původní kvalitu, v některých ukazatelích dokonce vyšší.

*Tabulka 5 Výsledky senzorického hodnocení pasterovaných a sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv sterilačního zahřevu a doby skladování (řada I)**

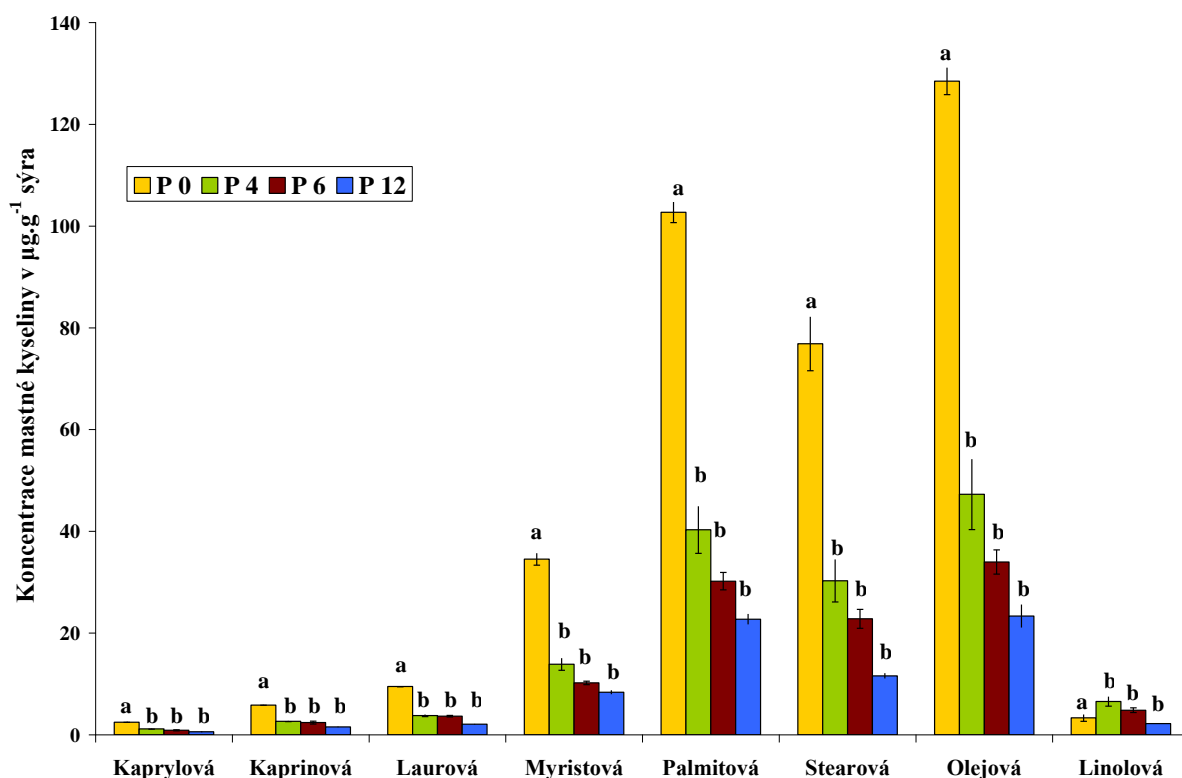
Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12
Vzhled a barva	Pasterované	1 ^a A	1 ^{ab} A	1 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A
	Sterilované	2 ^{ab} B	4 ^a B	2 ^b A	2 ^a A	3 ^a A
Lesk	Pasterované	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A	1 ^b A	3 ^a A	3 ^a A
	Sterilované	2 ^a A	3 ^b B	1 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
Konzistence	Pasterované	2 ^{ac} A	2 ^{ac} A	2 ^a A	4 ^{bc} A	3 ^c A
	Sterilované	3 ^a A	5 ^a B	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
Chuť a vůně	Pasterované	2 ^a A	2 ^a A	3 ^{ab} A	5 ^b A	4 ^b A
	Sterilované	2 ^{ab} A	3 ^a A	2 ^b A	2 ^{ab} B	2 ^{ab} A
Celkové hodnocení	Pasterované	2 ^a A	2 ^a A	3 ^{ab} A	4 ^b A	4 ^b A
	Sterilované	3 ^{ab} A	4 ^a B	2 ^b A	2 ^b A	3 ^{ab} A

Výsledky pořadové a párové porovnávací zkoušky byly v souladu s výsledky stupnicového hodnocení a potvrzují, že sýry skladované při vyšších teplotách podléhají mnohem dříve negativním vlivům skladování jako reakce neenzymového hnědnutí, změna tuhosti vlivem vysychání sýrů a také související změny flavouru.

4.2 VLIV PODMÍNEK SKLADOVÁNÍ NA VYBRANÉ PARAMETRY TAVENÝCH SÝRŮ

4.2.1 Vliv podmínek skladování na obsah mastných kyselin v tavených sýrech

Jak je znázorněno na Obr. 6, v průběhu prvních 4 měsíců skladování pasterovaných tavených sýrů došlo k výraznému snížení obsahu jednotlivých mastných kyselin. V průběhu zbylé doby skladování obsah mastných kyselin stále klesal, rozdíly však již nebyly ze statistického hlediska významné ($P \geq 0,05$). Vzhledem k tomu, že při pasteraci nedochází k úplné degradaci termostabilních lipolytických enzymů¹⁶, může mít jejich případná přítomnost v sýrech vliv na snížení obsahu mastných kyselin. Také případná mikrobiální kontaminace může ovlivňovat profil těchto sloučenin.

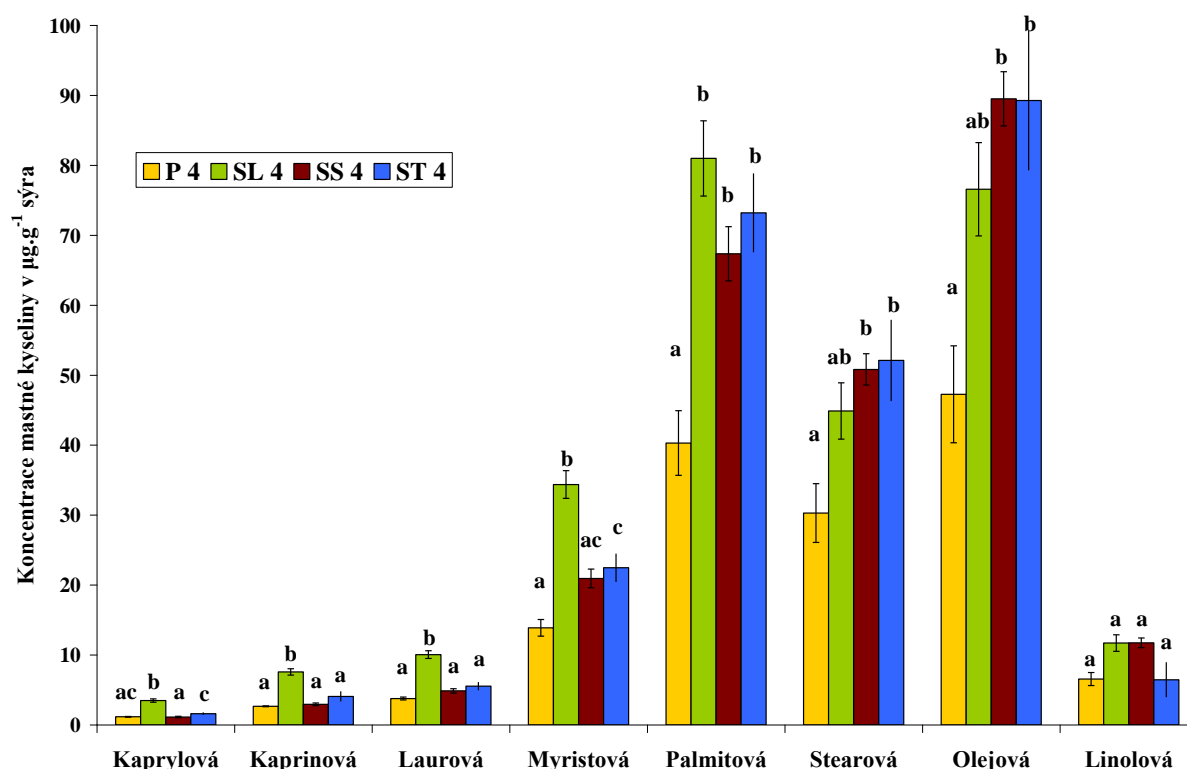


Obr. 6 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v pasterovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při 6 ± 2 °C). Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g^{-1} sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 3.1.

Obsah mastných kyselin ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při teplotě 6 ± 2 °C vykazoval spíše sestupnou tendenci. Opačnou tendenci vykazuje pouze kyselina olejová, jež je pravděpodobně meziproduktem degradace všech vyšších nenasycených mastných kyselin. Během prvních 6 měsíců nedochází k významným ($P \geq 0,05$) změnám. Při delším skladování se jsou však již změny statisticky významné ($P < 0,05$). Vyšší sklon k degradaci je pravděpodobně nastartován již při termosterilaci, kdy vznikají různé produkty oxidačních a Maillardovy reakce.

Tyto sloučeniny, již jednou přítomné, mohou dále degradovat nebo vstupovat do kondenzačních reakcí s ostatními přítomnými látkami³³.

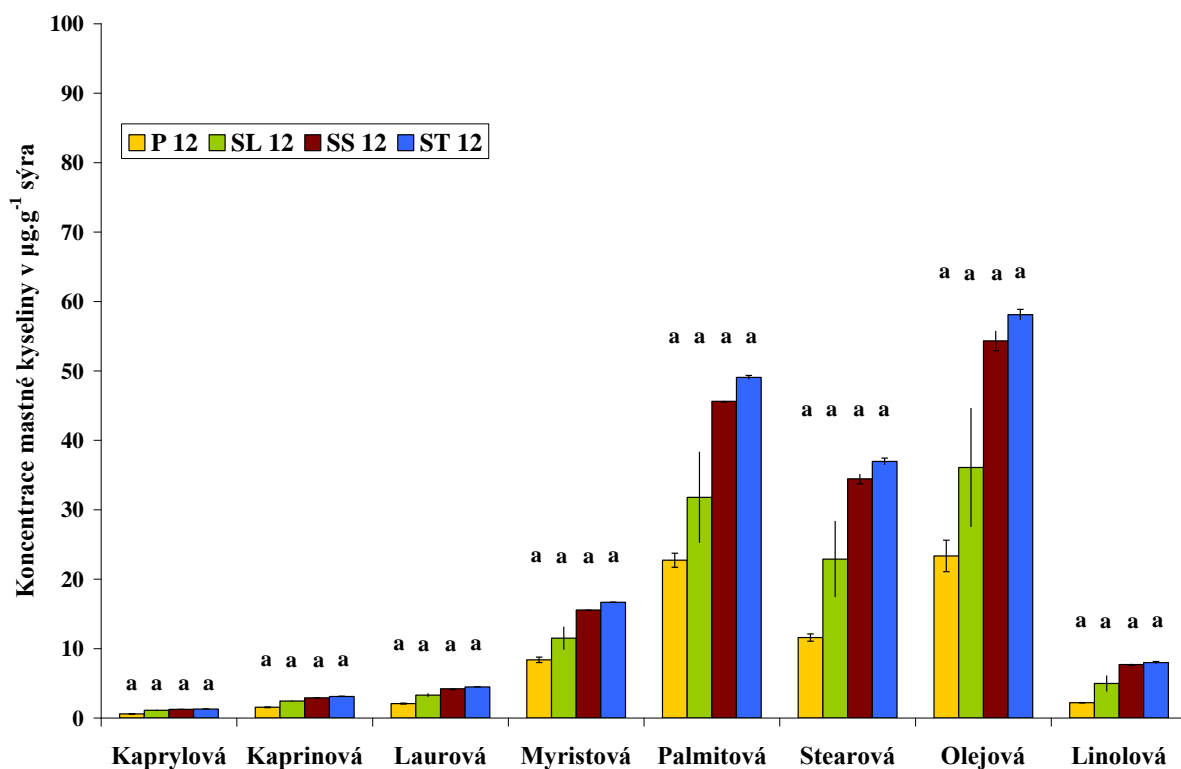
Také obsahy mastných kyselin v tavených sýrech skladovaných při teplotách 23 ± 2 °C a 40 ± 2 °C postupně klesaly v čase. Zatímco obsah nízkouhlíkatých mastných kyselin se přibližně po 4–6 měsících ustálil tak, že rozdíly byly statisticky nevýznamné ($P \geq 0,05$), rozdíly obsahů vyšších mastných kyselin jsou poměrně vysoké. To může být způsobeno různorodostí nízkouhlíkatých degradačních produktů, které mohou z vyšších mastných kyselin oxidací vlivem teploty vznikat.



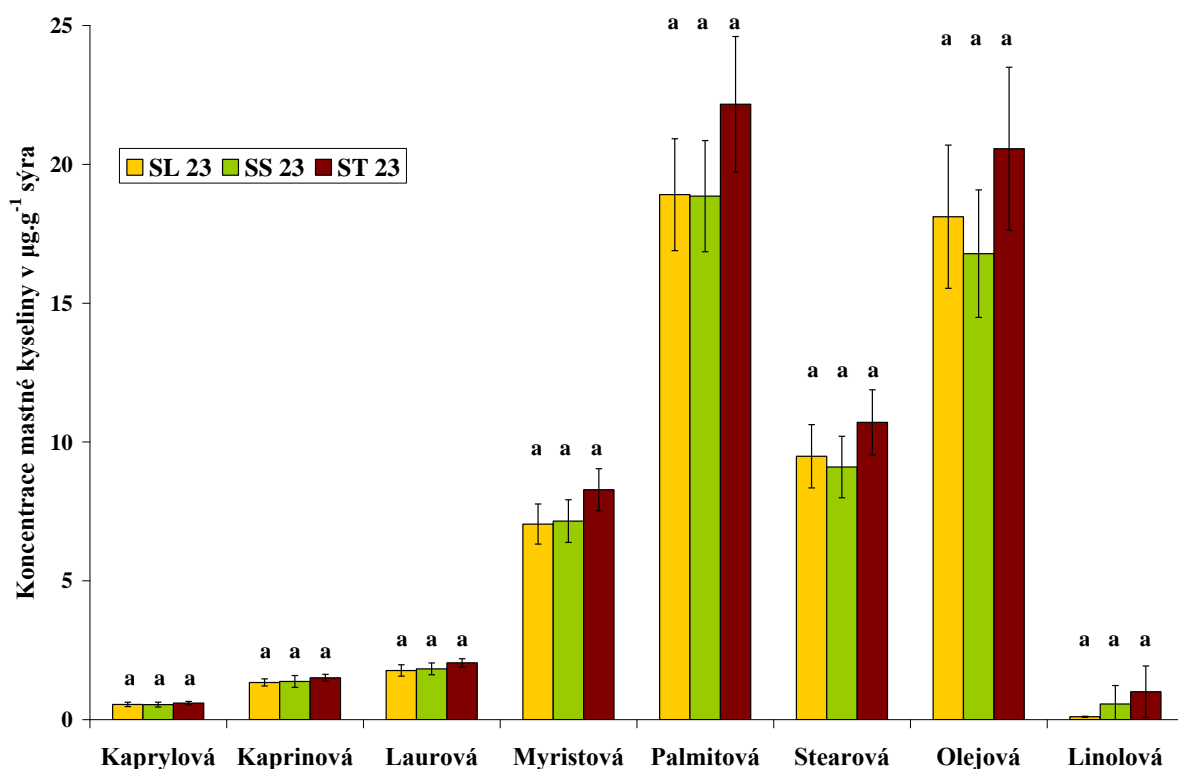
Obr. 7 Změny obsahu vybraných mastných kyselin v tavených sýrech po 4 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení vzorků viz kapitola 3.1.

Na Obr. 7 – Obr. 9 jsou znázorněny změny obsahů vybraných mastných kyselin v tavených sýrech, skladovaných po stejnou dobu v různých teplotních podmínkách.

Výsledky stanovení obsahů mastných kyselin u sterilovaných tavených sýrů skladovaných za různých podmínek jsou vyšší, než u pasterovaných sýrů. To potvrzuje předpoklad zlepšené stability těchto výrobků. Výsledky porovnání sterilovaných sýrů neprokázaly z hlediska obsahu mastných kyselin statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$). Můžeme tedy konstatovat, že složení tuků ve sterilovaných tavených sýrech, a lze tedy předpokládat, že i jejich nutriční hodnota, se významně nemění po celou dobu požadované trvanlivosti, tj. 2 roky, dokonce i při uchovávání v extrémních teplotních podmínkách.



Obr. 8 Změny obsahu vybraných mastných kyselin tavených sýrů po 12 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen v mg.g^{-1} sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření ($n=3$). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$). Značení viz kapitola 3.1.



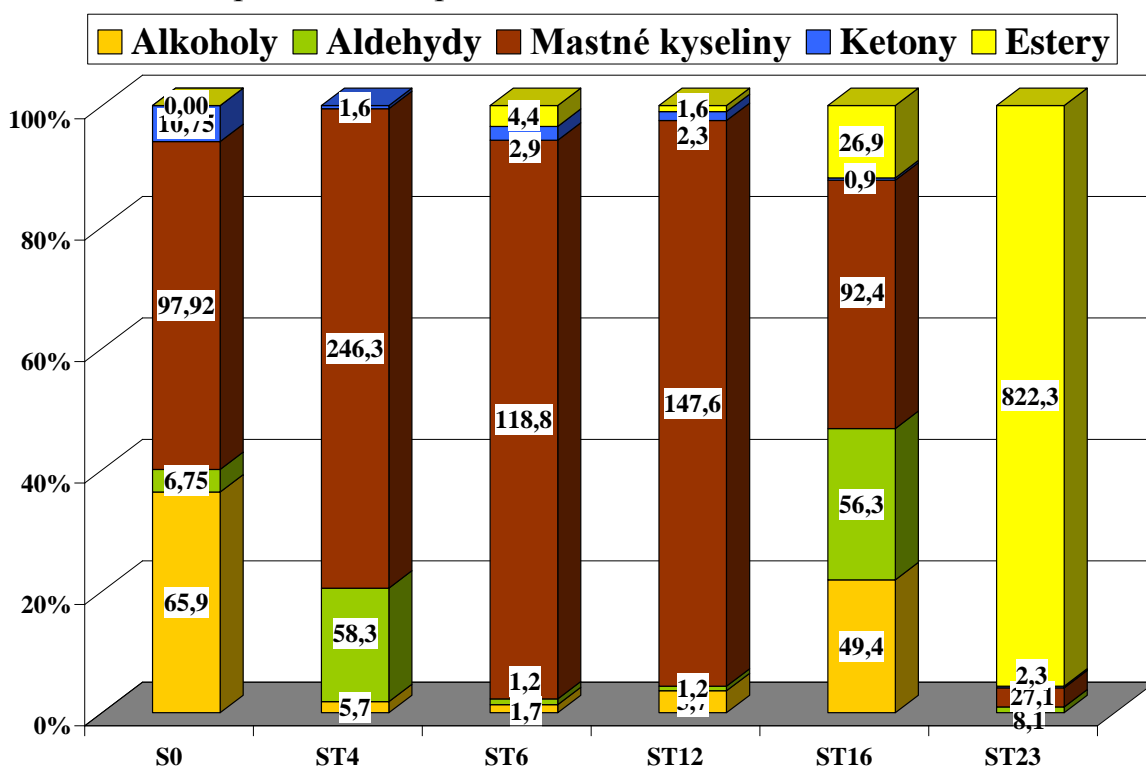
Obr. 9 Změny obsahu vybraných mastných kyselin tavených sýrů po 24 měsících skladování při různých teplotách. Obsah jednotlivých MK je vyjádřen

v mg.g⁻¹ sýra. Chybové úsečky udávají jednotlivé směrodatné odchylky měření (n=3). Hodnoty ve sloupcích se shodným písmenem se statisticky neliší (P ≥ 0,05). Značení viz kapitola 3.1.

4.2.2 Vliv podmínek skladování na obsah aromaticky aktivních látek v tavených sýrech

K největším změnám aromaticky aktivních látek v pasterovaných tavených sýrech dochází v prvních 4 měsících skladování. Nejprve dochází až k trojnásobnému zvýšení obsahu mastných kyselin, a k více než zdvojnásobení celkového obsahu alkoholů. Tyto změny mohou být způsobeny např. působením termostabilních enzymů, k jejichž inaktivaci je pasterace nedostatečná. V dalších měsících se pravděpodobně více projevuje autooxidace tuku a vyšších mastných kyselin, za vzniku aldehydů.

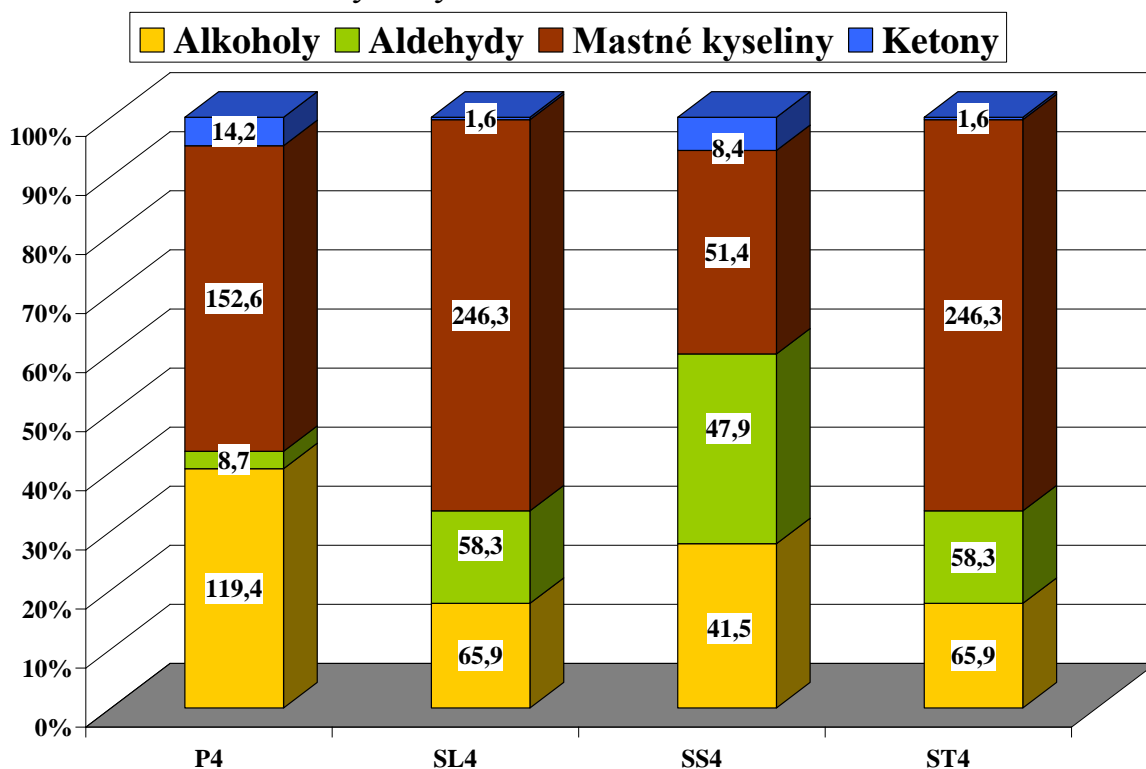
Obsahy zmíněných těkavých látek ve sterilovaných tavených sýrech skladovaných při 23 ± 2 °C v průběhu dvou let značně kolísaly. Při této teplotě tedy pravděpodobně probíhá velmi široké spektrum chemických reakcí, přičemž normální teplota tyto reakce podporuje a pravděpodobně žádnou nepreferuje. Po delší době skladování se již v podstatné míře projevuje vznik esterů mastných kyselin a alkoholů a poté další rozpad látek za vzniku alkoholů.



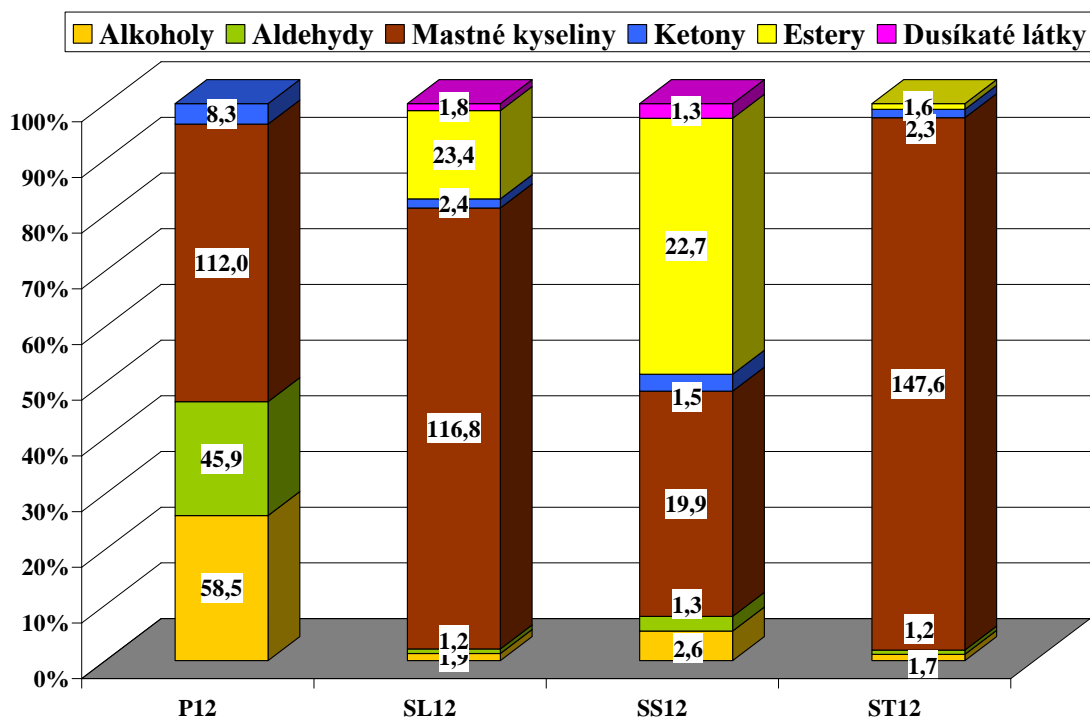
Obr. 10 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech v průběhu skladování (při teplotě 40 ± 2 °C). Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v µg.g⁻¹ sýra. Značení vzorků viz kapitola 3.1.

Zvýšená teplota skladování (40 ± 2 °C) sterilovaných tavených sýrů nejspíše podporuje spíše oxidační reakce tuků nejprve na volné mastné kyseliny, poté i na aldehydy. Také degradace aminokyselin uvolněných z rozštěpeného kaseinu je velmi pravděpodobná^{35,36}. Se vzrůstajícím podílem těchto sloučenin vzniká prostor pro esterifikační reakce, u nichž má zvýšená teplota pravděpodobně také výrazné katalytické účinky (viz Obr. 10).

Na Obr. 11–Obr. 13 jsou přehledně zobrazeny rozdíly obsahů jednotlivých skupin látek v tavených sýrech skladovaných za různých teplotních podmínek. Pokud shrneme veškeré získané výsledky stanovení aromaticky aktivních látek, lze soudit, že aromaticky aktivní látky v pasterovaném taveném sýru ihned po výrobě pocházely pravděpodobně z přírodních sýrů, použitých při výrobě^{33,27}. Následné změny aromatického profilu sýrů je nutné přičíst vlivu podmínek použitých při zpracování a skladování sýrů. Např. u alkoholů dochází v průběhu času k postupným ztrátám. Po 12 měsících skladování je rovnováha aromatických látek posunuta zejména ve prospěch mastných kyselin. Ty mohou pravděpodobně vznikat degradací vyšších mastných kyselin, které touto metodou bohužel není možné stanovit vzhledem k jejich nízké těkavosti. U sterilovaných tavených sýrů začínají vznikat v hojné míře estery. To samozřejmě zapříčiňuje pokles obsahu nižších mastných kyselin a alkoholů.

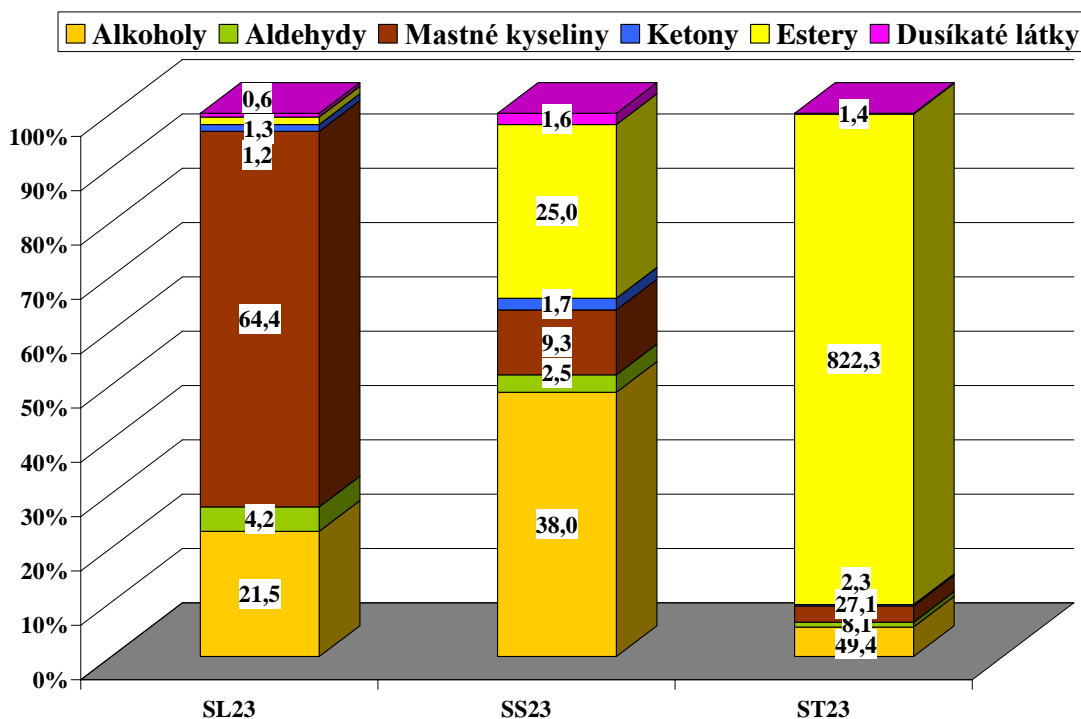


Obr. 11 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 4 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení viz kapitola 3.1.



Obr. 12 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 12 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení viz kapitola 3.1.

Od jednoho roku skladování se také začínají objevovat dusíkaté sloučeniny pocházející z rozložených aminokyselin a peptidů. Z nízkého zastoupení můžeme usuzovat, že tyto produkty preferují reakce vzniku barevných pigmentů – melanoidinů. Na Obr. 13 je jasně patrný vliv vysoké skladovací teploty na vznik esterů. Ve sterilovaných sýrech uchovávaných při vyšší teplotě je obsah esterů po dvou letech skladování o několik řádů vyšší, než u vzorků skladovaných při normální teplotě.



Obr. 13 Změny obsahu skupin aromaticky aktivních látek v tavených sýrech po 23 měsících skladování při různých teplotách. Součty obsahů jednotlivých AAL ve skupině jsou vyjádřeny v $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ sýra. Značení vzorků viz kapitola 3.1.

Z výsledků, které zobrazuje Tabulka 6, vyplývá, že u všech vzorků sterilovaných tavených sýrů skladovaných po dobu 2 let došlo ke statisticky významnému ($P < 0,05$) zvýšení tuhosti oproti původně vyrobenému tavenému sýru. Dále bylo zjištěno, že skladování tavených sýrů při vyšší teplotě také významně zvyšuje tuhost sýra ($P < 0,05$).

Toto je v souladu se zjištěními Buňky a kol.¹⁵, v jehož práci byla konzistence sterilovaných tavených sýrů tužší v porovnání s tavenými sýry, které neprošly sterilizačním záhřevem. Vzrůst tuhosti může být způsoben v důsledku dodatečné hydrolýzy tavicích solí a následné vazby produktů hydrolýzy na proteinovou matici. Dalším důvodem může být uvolňování vody vlivem zvýšených teplot a tím narušení hydrofobních interakcí a rozrušení kaseinové struktury⁴.

Tabulka 6 Výsledky instrumentálního měření textury sterilovaných tavených sýrů – vliv teploty a doby skladování**

Doba skladování (měsíce)/ F_{\max} (N)		Řada I		Řada II	
		0	23	0	23
TPA*	6 ± 2 °C	$0,76 \pm 0,16^a$	$1,91 \pm 0,42^bA$	$0,76 \pm 0,16^a$	$1,71 \pm 0,31^bA$
	23 ± 2 °C		$2,03 \pm 0,25^bA$		$2,07 \pm 0,29^bA$
	40 ± 2 °C		$25,35 \pm 2,13^cB$		$16,83 \pm 1,4^cB$
P*	6 ± 2 °C	$1,55 \pm 0,08^a$	$0,58 \pm 0,07^bA$	$1,55 \pm 0,08^a$	$1,41 \pm 0,14^aA$
	23 ± 2 °C		$1,58 \pm 0,10^aB$		$1,90 \pm 0,13^aA$

	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$5,61 \pm 0,25^{\text{b}}\text{C}$		$5,09 \pm 0,27^{\text{b}}\text{B}$
--	-------------------------------------	--	------------------------------------	--	------------------------------------

*Pozn.: TPA – texturní a profilová analýza; P – penetrace

**Pozn.: Výsledky instrumentálního hodnocení textury jsou prezentovány jako průměr \pm směrodatná odchylka ($n = 5$). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem a následované stejným velkým písmenem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

4.2.3 Vliv podmínek skladování na barvu tavených sýrů

Z uvedených výsledků (viz Tabulka 7) jednoznačně vyplývá, že teplota i doba skladování významně ($P < 0,05$) ovlivňují barvu sterilovaných tavených sýrů. Vlivem doby skladování dochází k tmavnutí (snižování hodnoty L^*) všech vzorků sterilovaných tavených sýrů a to bez ohledu na teplotu skladování. Při vyšší teplotě se tyto rozdíly ještě dále prohlubují. To znamená, že vzorky skladované při teplotě $40 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ byly významně tmavší ($P < 0,05$), než vzorky skladované při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a ty zase tmavší než vzorky skladované při teplotě $6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Hodnoty a^* , b^* udávají souřadnice barevnosti. Zvyšující se hodnota a^* naznačuje, že barevnost vzorků se s rostoucí dobou a teplotou skladování posouvala spíše k červené, na úkor zelené barvy. Rostoucí hodnoty b^* znamenají posun směrem ke žluté barvě. Sytost barev jednotlivých sýrů lze určit pomocí hodnoty C^* . Čím delší doba a vyšší teplota skladování, tím vyšší byla sytost. Se vzrůstající dobou a teplotou skladování se tedy zvyšovala sytost žlutého i červeného odstínu všech sýrů s tím, že čím vyšší byla teplota skladování, tím sytější bylo zbarvení jednotlivých sýrů. Klesající hodnota úhlu h znamená posun odstínu od žluté k červené barvě. V praxi to znamená změnu barvy ze smetanově nažloutlé po naoranžovělou až hnědočervenou. Změna barvy se projevuje vlivem pokročilé Maillardovy reakce a hromaděním melanoidinů v sýru.

Také Kistensena a kol.¹⁷ ve své práci došel ke zjištění, že hlavním faktorem tmavnutí tavených sýrů je teplota a doba skladování

Získané hodnoty ΔE^* opět potvrzují, že vlivem teploty skladování dochází ke změnám barvy. Čím vyšší byla teplota skladování, tím k větší změně barvy došlo. Tabulka 7 udává hodnoty ΔE^* ve vztahu ke sterilovanému tavenému sýru po vyrobení.

Tabulka 7 Výsledky instrumentálního měření barvy sterilovaných tavených sýrů – vliv teploty a doby skladování**

Doba skladování (měsíce)		Řada I		Řada II	
		0	23	0	23
L^*	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$93,33 \pm 0,57^{\text{a}}$	$89,64 \pm 0,82^{\text{b}}$	$93,33 \pm 0,57^{\text{a}}$	$87,95 \pm 0,32^{\text{b}}$
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$		$83,93 \pm 0,80^{\text{b}}$		$84,61 \pm 0,90^{\text{c}}$

	40 ± 2 °C		71,30 ± 0,46 ^c		73,21 ± 0,31 ^d
a*	6 ± 2 °C	1,42 ± 0,04 ^a	3,72 ± 0,31 ^b	1,42 ± 0,04 ^a	5,53 ± 0,11 ^b
	23 ± 2 °C		6,80 ± 0,20 ^c		8,11 ± 0,25 ^c
	40 ± 2 °C		10,57 ± 0,12 ^d		7,89 ± 0,11 ^c
b*	6 ± 2 °C	16,05 ± 0,23 ^a	18,74 ± 0,52 ^a	16,05 ± 0,23 ^a	21,21 ± 0,58 ^b
	23 ± 2 °C		26,11 ± 0,56 ^b		27,70 ± 0,62 ^c
	40 ± 2 °C		30,11 ± 0,22 ^c		28,76 ± 0,34 ^c
C*	6 ± 2 °C	16,11 ± 0,23 ^a	19,10 ± 0,56 ^a	16,11 ± 0,23 ^a	21,91 ± 0,55 ^b
	23 ± 2 °C		26,99 ± 0,59 ^b		28,86 ± 0,59 ^c
	40 ± 2 °C		31,91 ± 0,23 ^c		29,83 ± 0,36 ^c
h	6 ± 2 °C	84,93 ± 0,17 ^a	78,77 ± 0,72 ^b	84,93 ± 0,17 ^a	75,38 ± 0,53 ^b
	23 ± 2 °C		75,40 ± 0,19 ^c		73,67 ± 0,62 ^b
	40 ± 2 °C		70,65 ± 0,14 ^d		74,66 ± 0,05 ^b
ΔE*	6 ± 2 °C	4,21 ± 1,06	0***	8,51 ± 0,91	4,21 ± 1,06
	23 ± 2 °C	13,51 ± 0,80		16,02 ± 1,23	13,51 ± 0,80
	40 ± 2 °C	27,69 ± 0,90		24,67 ± 0,77	27,69 ± 0,90

****Pozn.:** Výsledky instrumentálního hodnocení barvy jsou prezentovány jako průměr ± směrodatná odchylka ($n = 5$). Vliv skladování je dán hodnotami v řádcích, zatímco vliv sterilizačního záhřevu udávají hodnoty ve sloupcích. Hodnoty se shodným horním indexem se statisticky neliší ($P \geq 0,05$).

*****Pozn.:** Hodnoty jsou vztaženy na příslušný sterilovaný sýr ($\Delta E^* = 0$).

4.2.4 Vliv podmínek skladování na senzoryckou kvalitu tavených sýrů

Vzorky pasterovaných sýrů byly sledovány po dobu jednoho roku, tedy mnohem déle, než je čtyřměsíční deklarovaná doba trvanlivosti. Při posledních dvou hodnoceních v šestém a dvanáctém měsíci již došlo ke staticky významnému zhoršení celkové kvality pasterovaných sýrů. To může být způsobeno i rozvojem nežádoucí mikroflóry, které pastace nedokáže zcela zabránit.

Sterilované tavené sýry byly sledovány v průběhu dvou let, což je trvanlivost tohoto druhu produktu deklarovaná výrobcem. Během této doby docházelo k významnému poklesu kvality jednotlivých senzoryckých ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. Podle některých hodnotitelů

byly některé sýry skladované při teplotách $23 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ již na konci prvního roku hodnoceny jako hořké. To může poukazovat na přítomnost hořkých peptidů vznikajících degradací bílkovin³⁷.

*Tabulka 8 Výsledky sensorického hodnocení sterilovaných tavených sýrů pomocí stupnice – vliv teploty a doby skladování (řada I)**

Doba skladování (měsíce)		0	3	4	6	12	16	23
Vzhled a barva	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	2 ^a b	4 ^a A B	2 ^{bc} A	2 ^a A	3 ^a A	2 ^{ac} A	1 ^c A
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		3 ^a A	3 ^a A	4 ^a A B	3 ^a A	3 ^a A	3 ^a B
	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		6 ^a B	6 ^a B	5 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a C
Lesk	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	2 ^a	3 ^b A B	1 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^{ab} A	1 ^{ab} A
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		3 ^a A	2 ^{ab} A	3 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A
	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		6 ^a A B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B
Konzistence	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	3 ^a b	5 ^b A B	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A	2 ^a A
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		4 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	2 ^a A	4 ^a B	4 ^a A
	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		7 ^a A B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a C	6 ^a B
Chuť a vůně	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	2 ^a b	3 ^a A	2 ^b A	2 ^{ab} A	2 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^b A
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		4 ^a A	3 ^a A B	3 ^a A	4 ^a A B	3 ^a A	3 ^a A
	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		5 ^a A	5 ^a B	5 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	7 ^a B
Celkové hodnocení	$6 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$	3 ^a b	4 ^a A	2 ^b A	2 ^b A	3 ^{ab} A	2 ^b A	2 ^b A
	$23 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		4 ^a A	3 ^a A	3 ^a A	4 ^a A	4 ^a B	3 ^a A
	$40 \pm 2 \text{ }^{\circ}$ C		6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	6 ^a B	7 ^a C	6 ^a B

Později byly tyto sýry hodnocené jako krupičkovité, s jemnými hrudkami připomínajícími prášek, obsahující drobná zrníčka, nepříjemné na jazyku, s velkými částicemi, špatně se rozplývající. Tyto vady mohou vznikat vlivem více mechanismů. Při zvýšení teploty dochází k uvolňování vody z dispersního systému. To vede k narušení hydrofobních efektů a může dojít k narušení emulgace tuku bílkovinami. Tuk se tak může začít shlukovat, navíc vlivem

teploty dochází ke změně jeho konfigurace a vzniku krystalků³⁸. Dalším důvodem je dehydratace tavicích solí, které také začnou krystalizovat a rovněž způsobovat nepříjemnou hořkou chuť a písčitou strukturu⁴. Zároveň tak vlivem zvýšené teploty dochází k tuhnutí sýra vlivem shlukování kaseinu narušením jeho hydratované struktury¹⁵.

5 ZÁVĚR

Jako hlavní ukazatelé změn matrice tavených sýrů byly zvoleny senzorické vlastnosti, především textura, barva a tzv. flavour, které konzument u tavených sýrů nejvíce sleduje. Tyto vlastnosti lze sledovat jednak z hlediska senzorického, ale také s využitím vhodných fyzikálně chemických, instrumentálních a analytických metod. Tento komplexní přístup umožní poměrně dobře charakterizovat zvolenou matici i její změny.

V rámci této disertační práce byl zkoumán jednak vliv sterilačního záhřevu, jednak vliv skladovacích podmínek na uvedené parametry. Sýry byly skladovány při různé teplotě (chladírenské 6 ± 2 °C, skladové 23 ± 2 °C a zátěžové 40 ± 2 °C). Nesterilované sýry byly skladovány po dobu jednoho roku, tedy mnohem déle, než je čtyřměsíční deklarovaná doba trvanlivosti, sterilované sýry po dobu požadované trvanlivosti, tedy dva roky. V pravidelných intervalech byly odebrány vzorky pro fyzikální, chemické a senzorické analýzy.

Nesterilované tavené sýry ihned po výrobě byly považovány za jakýsi standard kvality pro následná porovnání. Udržely si výbornou senzorickou kvalitu po celou dobu trvanlivosti, po jejím uplynutí však došlo k významnému zhoršení většiny sledovaných senzorických vlastností.

Následkem použitého sterilačního záhřevu došlo ke ztmavnutí sýrů a vzniku tužší textury, a také ke zhoršení chuti a vůně. Změny po sterilačním záhřevu jsou způsobeny vlivem pokročilé Maillardovy reakce a hromaděním melanoidinů v sýru. Lze je zmírnit rychlým zchlazením sýrů, přesto však dochází k částečným změnám, které podporují vznik zbarvení a další změny při následném skladování. U sterilovaných tavených sýrů došlo během skladování k výraznému zhoršení jednotlivých senzorických ukazatelů. Nejvyšší pokles byl zaznamenán u konzistence, vůně a chuti. U sýrů skladovaných při skladové a zátěžové teplotě byla již na konci prvního roku dokonce některými hodnotiteli detekována hořká chuť, což může poukazovat na přítomnost hořkých peptidů vznikajících degradací bílkovin. Později byly tyto sýry hodnoceny jako krupičkovité, s jemnými hrudkami, nepříjemné na jazyku, špatně se rozplývající. Původně smetanově nažloutlá barva sýrů se změnila na naoranžovělou až hnědočervenou.

Výsledky instrumentálních technik potvrzují závěry vyplývající ze senzorického hodnocení. Měření barvy a textury potvrzuje vznik tmavšího zbarvení a vyšší tvrdost sterilovaných tavených sýrů, pokračující během skladování.

Chuť a vůně (flavour) tavených sýrů souvisí s obsahem těkavých tzv. aromaticky aktivních látek. Část těchto sloučenin pravděpodobně pochází

z přírodních sýrů, použitých při výrobě, další pak vznikají následkem procesů probíhajících během technologického zpracování, zvláště při tavení, a skladování sýrů. Následkem sterilačního záhřevu došlo k výraznému zvýšení celkového obsahu těchto látek v sýrech, nicméně vzhledem k tomu, že senzory byla chuť a vůně po sterilaci hodnocena jako horší, je možné, že řada z těchto sloučenin přispívá k celkovému flavouru spíše negativně. Tato skutečnost by si zasluhovala další podrobnější zkoumání, zvláště proto, že flavouru tavených sýrů zatím není věnována velká pozornost a publikovaných prací na toto téma je velmi málo. Při následném skladování docházelo ke změnám v obsahu jednotlivých aromaticky aktivních látek, nelze však určit jednoznačný trend. Vzhledem k tomu, že tyto látky stále vznikají během skladování, zvláště při vyšší teplotě, ale zároveň mohou také podléhat široké škále nejrozličnějších degradačních reakcí, z nichž nejvýznamnější je Maillardova reakce, jejich obsah v sýrech je proměnlivý. Obsah sledovaných mastných kyselin se během skladování postupně snižoval.

Výsledky této práce dokazují předpoklad, že sterilované tavené sýry si udrží poměrně dobrou senzory i nutriční kvalitu po celou dobu požadované trvanlivosti (2 roky). Kvalita (přijatelnost) klasických tavených sýrů je sice vyšší, zvláště v případě chuti, vůně a textury, nicméně jejich trvanlivost je pouze několik měsíců (v závislosti na typu sýra, balení apod.) a to pouze za předpokladu jejich uchovávání při nízké teplotě (do 6 °C). Při skladování ve stejných podmínkách si sterilované tavené sýry udrží původní kvalitu podstatně déle.

Nicméně je třeba zdůraznit, že uchovávání i sterilovaných tavených sýrů při vysokých teplotách vede po určité době k výraznému zhoršení jejich senzory kvality, a jejich použití v extrémních podmínkách bez možnosti chlazení je omezené, i když v krajním případě a po omezenou dobu mohou stále sloužit jako dobrý zdroj vápníku, mléčných bílkovin a energie.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

GC	as chromatography, plynová chromatografie
GC-FID	gas chromatography – flame ionization detector, plynová chromatografie s plamenově ionizační detekcí
GC-MS	gas chromatography – mass spectrometry, plynová chromatografie s hmotnostní detekcí
SPME	solid phase microextraction, mikroextrakce tuhou fází
HS-SPME	head space – solid phase microextraction, head space – mikroextrakce tuhou fází
TvS	tuk v sušině
AAL	aromaticky aktivní látky

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 Vyhláška ministerstva zemědělství č. 124/2004 Sb., v platném znění, kterou se mění vyhláška č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje.
- 2 Carić, M., Milanović, S. Processed Cheese. In Hui, Y. H. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Vol. 4. New York: Taylor & Francis Group, 2006. ISBN 0-8493-9849-5.
- 3 Kapoor, R., Metzger, L. E. Process cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2008, vol. 7, no. 2, pp. 194–214. ISSN 1541-4337.
- 4 Buňka, F.: *Vliv sterilačního záhřevu na jakost tavených sýrů určených pro krizové situace*. Vyškov, 2004. 110 s. Disertační práce na Fakultě ekonomiky a managementu Vysoké vojenské školy pozemního vojska na Katedře materiálu a služeb. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
- 5 Guinee, T. P., Carić, M., Kaláb, M. Pasteurized Processed cheese and Substitute/Imitation cheese products. In Fox, P. F. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. 3rd ed. London: Elsevier Science, 2004. pp. 349–394. ISBN 0-1226-3653-8.
- 6 Macků, I. *Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přidavkem pektinu*. Zlín, 2009. 100 s., 8 s. příloh. Disertační práce na Fakultě technologické Univerzity Tomáš Bati ve Zlíně na ústavu Chemie a technologie potravin. Vedoucí disertační práce doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.
- 7 Buňka, F., Hrabě, J., Hoza, I. Tavené sýry ve výživě člověka. *Výživa a potraviny*. 2006, č. 5, s. 135–136. ISSN 1211-846X.
- 8 Kopáček, J. Vývoj ve výrobě sýrů v České republice. *Výživa a potraviny*. 2006, č. 4, s. 93–95. ISSN 1211-846X.
- 9 Guinee, T. P. Pasteurized processed cheese products. In Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*, Vol. 1. London: Elsevier Science, 2004. pp. 411–418. ISBN 0-12-227235-8.

- 10 Piska, I. *Rheologické vlastnosti tavených sýrů*. Praha, 2004. 188 s., 36 s. příloh. Disertační práce na Fakultě potravinářské a biochemické technologie Vysoké školy chemicko-technologické na Ústavu technologie mléka a tuků. Vedoucí disertační práce Ing. Jiří Štětina, CSc.
- 11 Fox, P. F., McSweeney, P.L.H *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic & Professional, 1998. ISBN 0-412-72000-0.
- 12 Carić, M., Kaláb, M. Processed Cheese Products. In Fox, P. F. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2. London: Chapman and Hall, 1993. pp. 467–505. ISBN 0412582309.
- 13 Krkošková, B. *Textúra potravin*. Bratislava: Alfa–Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1986. 194 s.
- 14 Bunka, F., Pavlinek, V., Hrabe, J., Rop, O., Janis, R., Krejci, J. Effect of 1-Monoglycerides on Viscoelastic Properties of Processed Cheese. *International Journal of Food Properties*. 2007, Vol. 10, No. 4, pp. 819–828. ISSN 1094-2912.
- 15 Bunka, F., Hrabe, J., Kracmar, S. The Effect of Sterilisation on Amino Acid Contents in Processed Cheese. *International Dairy Journal*. 2004, Vol. 14, No. , pp. 829–831. ISSN 0958-6946.
- 16 Schär, W., Bosset, J. O. Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A review. *Food Science and Technology–Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 2002, vol. 35, no. 1, pp. 15–20. ISSN 0023-6438.
- 17 Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R.A., Skibsted, L.H. Influence of Light and Temperature on the Colour and Oxidative Stability of Processed Cheese. *International Dairy Journal*. 2001, vol. 11, pp. 837–843. ISSN 0958-6946.
- 18 Juric, M., Bertelsen, G., Mortensen, G., Petersen, M.A. Light-induced Colour and Aroma Changes in Sliced, Modified Atmosphere Packaged Semi-hard Cheeses. *International Dairy Journal*. 2003, vol. 13, pp. 239–249. ISSN 0958-6946.
- 19 Wang, H.-H., Sun, D.-W. Assessment of Cheese Browning Affected By Baking Conditions Using Computer Vision. *Journal of Food Engineering*. 2003, vol. 56, pp. 339–345. ISSN 0260-8774.
- 20 Velíšek, J. *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- 21 O'Brien, J., Morrissey, P. A. Nutritional and Toxicological Aspects of the Maillard Browning Reaction in Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1989, vol. 28, issue 3, pp. 211–248. ISSN 1040-8398.
- 22 Nursten, H. E. Recent Development in Studies of The Maillard Reaction. *Food Chemistry*. 1981, vol. 6, pp. 263–277. ISSN 0021-8561.
- 23 Cremer, D. R., Vollenbroeker, M., Eichner, K. Investigation of Formation of Strecker Aldehydes from the Reaction of Amadori Rearrangement Products with α -Amino Acids in Low Moisture Model System. *European*

- Food Research and Technology*. 2000, vol. 211, pp. 400–403. ISSN 1438-2377.
- 24 Bley, M. E., Johnson, M. E., Olson, N. F. Factors Affecting Nonenzymatic Browning of Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1985, vol. 68, issue 3, pp. 555–561. ISSN 0022-0302.
 - 25 Pizzoferrato, L., Manzi, P., Vivanti, V., Nicoletti, I., Corradini, C., Cogliandro, E. Maillard Reaction in Milk-Based Foods: Nutritional Consequences. *Journal of Food Protection*. 1998, vol. 61, no. 2, pp. 235–239. ISSN 0362-028X.
 - 26 Molimard, P., Spinnler, H. E. Compounds Involved in the Flavour of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties. *Journal of Dairy Science*. 1996, vol. 79, pp. 169–184. ISSN 0022-0302.
 - 27 Curioni, P. M. G., Bosset, J. O. Key Odorants in Various Cheese Types as Determined by Gas Chromatography-Olfactometry. *International Dairy Journal*. 2002, Vol. 12, No. 12, pp. 959–984. ISSN 0958-6946.
 - 28 Wilkes, J. G., Conte, E. D., Kim, Y., Holcomb, M., Sutherland, J. B., Miller, D. W. Sample Preparation for the Analysis of Flavors and Off-flavors in Foods. *Journal of Chromatography A*. 2000, vol. 880, pp. 3–33. ISSN 0021-9673.
 - 29 Velíšek, J. *Chemie potravin II*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
 - 30 Dincer, F., Muezzinoglu, A. Chemical Characterisation of Odours due to some Industrial and Urban facilities in Izmir, Turkey. *Atmospheric Environment*. 2006, vol. 40, pp. 4210–4219. ISSN 1352-2310.
 - 31 Kochhar, S. P. Oxidative pathways to the formation of off-flavours. In: Saxby, M. J. (Ed.): *Food Taints and Off-flavours*. London: Blackie Academic & Professional, 1996, pp. 168–225. ISBN 075140263X.
 - 32 Kristensen, D., Orlén, V., Mortensen, G., Brockhoff, P., Skibsted, L. H. Light-induced Oxidation in Sliced Havarti Cheese Packaged in Modified Atmosphere. *International Dairy Journal*. 2000, vol. 10, pp. 95–103. ISSN 0022-0302.
 - 33 Collins, Y. F., McSweeney, P. L. H., Wilkinson, M. G. Lipolysis and Free Fatty Acid Catabolism in Cheese: A Review of Current Knowledge. *International Dairy Journal*. 2003, Vol. 13, No. 11, pp. 841–866. ISSN 0958-6946.
 - 34 Bekbölet, M. Light Effects on Food. *Journal of Food Protection*. 1990, vol. 53, issue 5, pp. 430–440. ISSN 0362-028X.
 - 35 Sablé, S., Cottenceau, G. Current Knowledge of Soft Cheese Flavor and Related Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, vol. 47, no. 12, pp. 4825–4836. ISSN 0021-8561.
 - 36 Van Leuven, I., Van Caelenberg, T., Dirinck, P. Aroma Characterisation of Gouda-type Cheeses. *International Dairy Journal*. 2008, Vol. 18, No. 8, pp. 790–800. ISSN 0958-6946.

- 37 Zemanová, J.: *Využití elektromigračních metod pro stanovení látek bílkovinné povahy v potravinářských materiálech*. Brno, 2005. 182 s. Disertační práce na Fakultě chemické Vysokého učení technického na Ústavu chemie potravin a biotechnologií. Školitel: doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
- 38 Dickinson, E., McClements, D. J. *Advances in Food Colloids*. 1st ed. London: Blackie Academic & Professional, 1996, pp. 333. ISBN 0-7514-0203-6.
- 39 Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F. *Encyclopedia of Dairy Science*. Vol. 3. London: Elsevier Science, 2004. ISBN 0-12-227238-2.

8 VYBRANÉ PUBLIKACE

Web of Science

1. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J. Application of SPME-GC method for analysis of the aroma of white surface mould cheeses. *Journal of Food and Nutrition Research.*, 2007, roč. 46, č. 2, s. 84-90. ISSN 1336-8672.
2. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ZEMANOVÁ, J., ŠTOUDKOVÁ, H., BŘEZINA, P., BABÁK, L. Solid-phase microextraction for analysis of mould cheese aroma. *Czech Journal of Food Science*, 2006, roč. 24, č. 6, s. 268-274. ISSN 1212-1800.

Scopus

1. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ŠTOUDKOVÁ, H., BUŇKA, F. Fatty acids like a markers of processed cheese changes during storage. *Chemické Listy*, 2008, roč. 102, s. 714. ISSN 0009-2770.
2. LOUPANCOVÁ, B., VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., BUŇKA, F., FIŠERA, M. The simple method for analysis of fatty acids in food. *Chemické Listy*, 2005, roč. 99, s. 311. ISSN 0009-2770.
3. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., BUŇKA, F., HROZOVÁ, L., ZEMANOVÁ, J. Changes of fatty acids in sterilized processed cheese. *Chemické Listy*, 2005, roč. 99, s. 353. ISSN 0009-2770.

Práce zveřejněné ve sbornících konferencí v anglickém jazyce

1. LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E., ŠTOUDKOVÁ H.: Changes of FA in long term stored sterilized processed cheese. *XVII. medzinárodná konferencia Analytické metódy a zdravie človeka*, Nový Smokovec, 2008, ISSN 1335-5236.
2. VÍTOVÁ, E., LOUPANCOVÁ, B., ŠTOUDKOVÁ, H., ZEMANOVÁ, J., ILLKOVÁ, K.: A rapid and simple method for the direct analysis of fatty

- acids by gas chromatography. In *13th International Symposium on Separation Sciences*. Štrbské Pleso. 2007. ISBN 978-80-227-2698-6.
3. ŠTOUDKOVÁ H., VÍTOVÁ E., ŠILHANOVÁ J., LOUPANCOVÁ B., ZEMANOVÁ J.: Determination of fatty acids in selected vegetable oils by gas chromatography. *13th International Symposium on Separation Sciences*, Štrbské Pleso, 2007, s. M12. ISBN 978-80-227-2698-6.
 4. ŠTOUDKOVÁ H., ZEMANOVÁ J., ŠVARCOVÁ I., LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E.: Fatty acids contained in select vegetable oils. *Vitamins 2006*, Pardubice, 2006, s. 153. ISBN 80-7194-855-1.
 5. LOUPANCOVÁ B., VÍTOVÁ E., ŠTOUDKOVÁ H., LAZÁRKOVÁ Z., ZEMANOVÁ J.: Determination of Volatile Compounds in Processed cheese by Gas Chromatography, *Vitamins 2006*, Pardubice, 2006, s. 151. ISBN 80-7194-855-1.
 6. VÍTOVÁ, E., ZEMANOVÁ, J., BEZDĚKOVÁ, Š., BABÁK, L., LOUPANCOVÁ, B., BŘEZINA, P. Changes of free fatty acids during ripening of Niva cheese. *Czech Journal of Food Science (Special Issue)*, 2004, roč. 22, s. 310-313. ISSN 1212-1800.

9 CURRICULUM VITAE

Vzdělání:

1992 – 1999	Gymnázium Břeclav
1999 – 2004	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická Prezenční magisterské studium Obor: Chemie a technologie potravin a biotechnologie
2006	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební Doplňující pedagogické studium
2004 – dosud	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická Perzenční/kombinované doktorské studium Obor: Fyzikální chemie

Zahraniční stáže:

2007	Zahraniční staž v rámci programu Socrates – Erasmus The University of Huelva, Španělsko
2008	Zahraniční staž v rámci projektu MŠMT The University of Huelva, Španělsko

Zaměstnání:

2005 – 2007	Výuka laboratoří na FCH VUT v Brně - instrumentální analýzy (plynové chromatografie) - analytické chemie potravin - organické chemie
2009	Výuka laboratoří organické chemie na VFU Brno

2009 – 2011 **Fosfa akciová společnost**
Technoolog ve výrobě

2011 **Erba Lachema s.r.o**
Technoolog ve výrobě

Jazykové znalosti:

Jazyk	Stupeň znalosti	Zkoušky
Španělský	B2 – C1 Pokročilá	DELE intermedio
Anglický	B1 – B2 Středně pokročilá	Doktorská zkouška
Německý	A1 Začátečník	

Školení:

2005 Kurz základů vědecké práce Akademie věd ČR (Akademie věd ČR)

2005 Systém kritických bodů (HACCP) a požadavky standardu BRC Food a IFS

2005 – 2006 Svět vyzkumu 2006, Výzkumný ústav veterinárního lékařství, Brno

2006 Školení interních auditorů systémů řízení jakosti dle standardu ISO 9001:2000

Ostatní dovednosti:

Řidičský průkaz

A1, B

Software

Lotus Notes, Labsystem, Řízená dokumentace, SAP, ChromCard, MS office, Internet

Analytické techniky

GC-ECD (Agilent Technologies), GC-FID (Thermo Finnigan), HS-SPME

Zlepšování a řešení problémů

Kaizen – 5S, TPM; OEE; Metody řešení problému (čtyřfázová metoda)